MEDHA AI

APPSC GROUP I SERVICES · ENVIRONMENT AND ECOLOGY

Ecology and ecosystems

ఉచిత నోట్స్ PDF · 8 నోట్స్ · 25 Oct 2026

Medha AI ఉచిత స్టడీ మెటీరియల్. మీ పరీక్షకు నోట్స్, ప్రాక్టీస్, మాక్ టెస్టులు, పాత పేపర్ల కోసం **app.medhaai.in** లో ఉచితంగా మొదలుపెట్టండి.

1. ఆవరణ శాస్త్రం: వ్యవస్థీకరణ స్థాయిలు, ఆవాసం, సముచిత స్థానం
2. ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్మాణం: జీవ, నిర్జీవ అంశాలు
3. శక్తి ప్రవాహం, ఉత్పాదకత: ఆహార గొలుసులు, ఆహార జాలకాలు, పోషక స్థాయిలు, విచ్ఛిన్నం
4. ఆవరణ పిరమిడ్‌లు, పది శాతం నియమం
5. ఆవరణ అనుక్రమం: ప్రాథమిక, ద్వితీయ, పరాకాష్ఠ
6. జనాభా, సముదాయ ఆవరణ శాస్త్రం: పెరుగుదల, పరస్పర చర్యలు, కీలక జాతులు
7. భూ బయోమ్‌లు: ఆవరణ లక్షణాలు, అనుకూలనాలు
8. జల ఆవరణ వ్యవస్థలు: మంచినీరు, నదీముఖద్వారం, మడ అడవులు, సముద్రం

medhaai.in

Notes · Practice · Mock tests · Previous papers

Start free at
app.medhaai.in

1 ఆవరణ శాస్త్రం: వ్యవస్థీకరణ స్థాయిలు, ఆవాసం, సముచిత స్థానం

జీవులు ఒకదానితో ఒకటి, తమ భౌతిక పరిసరాలతో ఎలా పరస్పర చర్య జరుపుతాయో ఆవరణ శాస్త్రం అధ్యయనం చేస్తుంది. ఈ అధ్యయనం ఒక్క జీవి నుంచి మొత్తం జీవావరణం వరకు వివిధ స్థాయిల్లో జరుగుతుంది.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **ఆవరణ శాస్త్రం (ecology)** జీవశాస్త్రంలో ఒక శాఖ. ఇది **జీవుల మధ్య, జీవులకు వాటి భౌతిక (నిర్జీవ) పర్యావరణానికి మధ్య జరిగే పరస్పర చర్యలను** అధ్యయనం చేస్తుంది.
- "ఎకాలజీ" (*Oekologie*) అనే పదాన్ని **1866**లో **ఎర్నెస్ట్ హెకెల్** సృష్టించారు. ఇది గ్రీకు పదాలు *ఓయికోస్* (ఇల్లు), *లోగోస్* (అధ్యయనం) నుంచి వచ్చింది.
- ఆవరణ శాస్త్రం **జీవ వ్యవస్థీకరణలోని నాలుగు స్థాయిలతో** వ్యవహరిస్తుందని ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ చెబుతుంది: **జీవులు, జనాభాలు, సముదాయాలు, బయోమ్‌లు**.
- పూర్తి క్రమం, చిన్నదాని నుంచి పెద్దదానికి: **వ్యష్టి జీవి** → **జనాభా** → **సముదాయం** → **ఆవరణ వ్యవస్థ** → **బయోమ్** → **జీవావరణం**.
- **జనాభా (population):** ఒక నిర్దిష్ట ప్రాంతంలో ఒకే సమయంలో నివసించే **ఒకే జాతి** జీవులు.
- **సముదాయం (community):** ఒక ప్రాంతంలో కలిసి నివసిస్తూ పరస్పర చర్య జరిపే **వేర్వేరు జాతుల** జనాభాలు.
- **ఆవరణ వ్యవస్థ (ecosystem):** ఒక సముదాయం, దాని **నిర్జీవ** పర్యావరణం కలిసి. ఈ పదాన్ని **1935**లో **ఎ.జి. టాన్స్‌లీ** సృష్టించారు.
- **జీవావరణం (biosphere):** భూమిపై జీవం ఉన్న భాగం (భూమి, నీరు, గాలి).
- **ఆవాసం (habitat):** ఒక జీవి నివసించే భౌతిక ప్రదేశం (దాని "చిరునామా").
- **సముచిత స్థానం (నిచ్, niche):** ఒక జాతి నిర్వహించే క్రియాత్మక పాత్ర — అది ఏమి తింటుంది, ఎప్పుడు, ఎక్కడ చురుకుగా ఉంటుంది, ఏ పరిస్థితుల పరిధిని తట్టుకుంటుంది (దాని "వృత్తి").
- **ఇకోటోన్ (ecotone):** రెండు ఆవరణ వ్యవస్థల మధ్య ఉండే సంక్రమణ మండలం. ఉదాహరణకు భూమికి, సముద్రానికి మధ్య మడ అడవి, లేదా అడవికి, ఎడారికి మధ్య గడ్డిభూమి.
- **అంచు ప్రభావం (edge effect):** ఇకోటోన్‌లో తరచూ పక్కనున్న రెండు సముదాయాల కంటే ఎక్కువ జాతులు, ఎక్కువ సాంద్రత ఉంటాయి.

వివరణ

వ్యవస్థీకరణ స్థాయిలు

స్థాయి	దేనితో ఏర్పడుతుంది	ఉదాహరణ
జీవి	ఒక వ్యష్టి	ఒక పులి
జనాభా	ఒకే జాతి, ఒక ప్రాంతం	నల్లమల అడవిలోని అన్ని పులులు
సముదాయం	ఒక ప్రాంతంలోని అన్ని జనాభాలు	ఆ అడవిలోని పులులు, జింకలు, చెట్లు, శిలీంధ్రాలు
ఆవరణ వ్యవస్థ	సముదాయం + నిర్జీవ కారకాలు	నేల, నీరు, శీతోష్ణస్థితితో కూడిన ఆ అడవి
బయోమ్	ఒకే రకమైన శీతోష్ణస్థితి, వృక్షసంపద గల విశాల ప్రాంతం	ఉష్ణమండల ఆకురాల్చే అడవి

స్థాయి	దేనితో ఏర్పడుతుంది	ఉదాహరణ
జీవావరణం	భూమిపై ఉన్న అన్ని ఆవరణ వ్యవస్థలు	గ్రహంపై జీవం ఉన్న పొర

ప్రధాన నిర్జీవ కారకాలు

- **ఉష్ణోగ్రత.** ఇది ఎంజైమ్‌ల చర్యను, తద్వారా జీవుల జీవక్రియను ప్రభావితం చేస్తుంది.
  - **విస్తృత ఉష్ణోగ్రత సహనశీలి (eurythermal)** జీవులు విస్తృత ఉష్ణోగ్రత పరిధిని తట్టుకుంటాయి. ఇలాంటి జీవులు కొన్నే అని ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ పేర్కొంటుంది.
  - **సంకుచిత ఉష్ణోగ్రత సహనశీలి (stenothermal)** జీవులు ఇరుకైన పరిధిని మాత్రమే తట్టుకుంటాయి (ఉదాహరణకు చాలా ప్రవాళాలు). అత్యధిక జీవులు సంకుచిత ఉష్ణోగ్రత సహనశీలులే.
- **నీరు.** లవణీయతను తట్టుకునే శక్తిని బట్టి **విస్తృత లవణీయత సహనశీలి (euryhaline)** (విస్తృత పరిధి), **సంకుచిత లవణీయత సహనశీలి (stenohaline)** (ఇరుకైన పరిధి) జీవులు ఉంటాయి. చాలా మంచినీటి జంతువులు సముద్రపు నీటిలో ఎక్కువ కాలం బతకలేవు; సముద్ర జంతువులు మంచినీటిలోనూ అంతే.
- **కాంతి.** కిరణజన్య సంయోగక్రియకు మొక్కలకు కాంతి అవసరం. చాలా మొక్కలు, జంతువులు పూత, ప్రత్యుత్పత్తి, వలస సమయాన్ని నిర్ణయించుకోవడానికి పగటి నిడివిని (దీప్తికాలం, photoperiod) వాడుకుంటాయి.
- **నేల.** నేల సంఘటనం, రేణువుల పరిమాణం, నీటిని నిలుపుకునే సామర్థ్యం ఏ మొక్కలు పెరగగలవో నిర్ణయిస్తాయి.

ఒత్తిడికి జీవులు ఎలా స్పందిస్తాయి

స్పందన	అర్థం	ఉదాహరణ
నియంత్రించడం	శరీర స్థితిని స్థిరంగా ఉంచుకోవడం (సమస్థితి, homeostasis)	పక్షులు, క్షీరదాలు శరీర ఉష్ణోగ్రతను స్థిరంగా ఉంచుకుంటాయి
అనుగుణంగా మారడం	పరిసరాలతో పాటు శరీరం మారుతుంది	చాలా జంతువులు, దాదాపు అన్ని మొక్కలు
వలస పోవడం	కొంత కాలం దూరంగా వెళ్లడం	శీతాకాలంలో కేవలాదేవ్‌కు (భరత్‌పూర్) వచ్చే సైబీరియన్ కొంగలు
నిలిపివేయడం	పరిస్థితులు మెరుగయ్యే వరకు చర్యలను తగ్గించడం	శీతకాల నిద్ర, గ్రీష్మకాల నిద్ర, డయాపాజ్, సిద్ధబీజాలు, విత్తన సుప్తావస్థ

- **శీతకాల నిద్ర (hibernation)** అంటే చలికాలపు నిద్ర (ఎలుగుబంట్లు).
- **గ్రీష్మకాల నిద్ర (aestivation)** అంటే వేసవి నిద్ర. ఉదాహరణకు వేడి సమయంలో కప్పలు, నత్తలు, కొన్ని చేపలు బొరియల్లో లేదా బురదలో ఉండిపోతాయి.
- **డయాపాజ్ (diapause)** అంటే అభివృద్ధి తాత్కాలికంగా నిలిచిపోయే దశ; సరస్సుల్లోని జంతు ప్లవకాల్లో ఇది కనిపిస్తుంది.

లోతైన విశ్లేషణ

సముచిత స్థాన భావన పరిణామం

ఆవరణ శాస్త్రవేత్త	సంవత్సరం	సముచిత స్థానంపై దృక్పథం
జోసెఫ్ గ్రిన్నెల్	1917	**ప్రాదేశిక** లేదా ఆవాస సముచిత స్థానం: ఒక జాతికి అవసరమైన ప్రదేశం, పరిస్థితులు
చార్లెస్ ఎల్టన్	1927	**క్రియాత్మక** సముచిత స్థానం: సముదాయంలో, ముఖ్యంగా ఆహార సంబంధాల్లో, ఒక జాతి పాత్ర

ఆవరణ శాస్త్రవేత్త	సంవత్సరం	సముచిత స్థానంపై దృక్పథం
జి.ఇ. హచిన్సన్	1957	**n-పరిమాణాల అధిఘనపరిమాణం** (n-dimensional hypervolume): ఒక జాతి మనుగడకు, ప్రత్యుత్పత్తికి వీలు కల్పించే అన్ని పరిస్థితులు, వనరులు

- **మౌలిక సముచిత స్థానం (fundamental niche):** పోటీదారులు లేనప్పుడు ఒక జాతి ఆక్రమించగల పూర్తి పరిధి.
- **వాస్తవ సముచిత స్థానం (realised niche):** పోటీ, భక్షణ కారణంగా అది వాస్తవంగా ఆక్రమించే చిన్న పరిధి.
- **గాస్ పోటీ నిర్మూలన సూత్రం (competitive exclusion principle):** ఒకే రకమైన సముచిత స్థానం గల రెండు జాతులు నిరవధికంగా కలిసి జీవించలేవు. ఒకటి మరొకదాన్ని తొలగిస్తుంది. **వనరుల విభజన** (resource partitioning) ద్వారా సహజీవనం సాధ్యమవుతుంది (ENV-EC-06 చూడండి).
- **ఆవరణ సమానులు (ecological equivalents):** వేర్వేరు ప్రాంతాల్లో ఒకే రకమైన సముచిత స్థానాలను ఆక్రమించే, పరస్పరం సంబంధం లేని జాతులు. ఉదాహరణకు ఆస్ట్రేలియాలో మేసే కంగారూలు, ఉత్తర అమెరికాలో మేసే బైసన్‌లు.
- **ఇకోక్లైన్ (ecocline):** పర్యావరణ ప్రవణత వెంట (ఉదాహరణకు ఎత్తు) సముదాయంలో క్రమంగా వచ్చే మార్పు. దీనికి భిన్నంగా, ఇకోటోన్ మరింత స్పష్టమైన సంక్రమణ మండలం.

ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ పేర్కొన్న అనుకూలనాలు

- **కంగారూ ఎలుక** (ఉత్తర అమెరికా ఎడారి) అంతర్గత కొవ్వు ఆక్సీకరణం ద్వారా నీటి అవసరాలను తీర్చుకుంటుంది; ఈ ఆక్సీకరణం నీటిని (జీవక్రియ జలం) ఇస్తుంది. ఇది తన మూత్రాన్ని గాఢంగా కూడా చేయగలదు.
- **ఎడారి మొక్కలకు** మందపాటి అవభాసిని (క్యూటికల్), లోతుగా ఉన్న పత్ర రంధ్రాలు ఉంటాయి; ఇవి నీటి నష్టాన్ని తగ్గిస్తాయి. చాలా మొక్కలు **సీఏఎం (CAM)** మార్గాన్ని అనుసరిస్తాయి: పగటిపూట పత్ర రంధ్రాలు మూసుకుని ఉంటాయి. ఒపన్షియా (*Opuntia*)లో ఆకులు ముళ్లుగా మారతాయి; బల్లపరుపు కాండం (పత్రాభకాండం) కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరుపుతుంది.
- **అలెన్ నియమం (Allen's rule):** చల్లని శీతోష్ణస్థితుల్లోని క్షీరదాలకు చెవులు, అవయవాలు పొట్టిగా ఉంటాయి; ఇవి ఉష్ణ నష్టాన్ని తగ్గిస్తాయి.
- **ఎత్తు రుగ్మత (altitude sickness):** ఎక్కువ ఎత్తులో శరీరం మొదట వేగంగా శ్వాస తీసుకుని, గుండె వేగాన్ని పెంచుతుంది; తర్వాత కాలక్రమంలో ఎక్కువ ఎర్ర రక్త కణాలను ఉత్పత్తి చేస్తుంది.
- ధ్రువ సముద్రాల్లోని **సీళ్లకు** చర్మం కింద మందపాటి కొవ్వు పొర (బ్లబ్బర్) ఉంటుంది; ఇది వాటికి ఉష్ణ నిరోధకంగా పనిచేస్తుంది.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "ఎకాలజీ అనే పదాన్ని టాన్స్లీ సృష్టించారు." ✓ ఎకాలజీని **హెకెల్ (1866)** సృష్టించారు; ఎకోసిస్టమ్ (ఆవరణ వ్యవస్థ) పదాన్ని **టాన్స్లీ (1935)** సృష్టించారు.

✗ "జనాభాలో ఒక ప్రాంతంలోని అన్ని జాతులు ఉంటాయి." ✓ అది **సముదాయం**. జనాభా అంటే **ఒకే జాతి**.

✗ "ఆవాసం, సముచిత స్థానం రెండూ ఒకటే." ✓ ఆవాసం అంటే **ప్రదేశం**; సముచిత స్థానం అంటే **పాత్ర**, వాడుకునే పరిస్థితుల పరిధి.

✗ "గ్రీష్మకాల నిద్ర అంటే చలికాలపు నిద్ర." ✓ గ్రీష్మకాల నిద్ర **వేసవి** నిద్ర; శీతకాల నిద్ర **చలికాలపు** నిద్ర.

✗ "ఇకోటోన్‌లో పక్కనున్న సముదాయాల కంటే తక్కువ జాతులు ఉంటాయి." ✓ తరచూ **ఎక్కువ** ఉంటాయి: ఇదే **అంచు ప్రభావం**.

✗ "n-పరిమాణాల అధిఘనపరిమాణాన్ని ఎల్టన్ ఇచ్చారు." ✓ దాన్ని **హచిన్సన్ (1957)** ఇచ్చారు; ఎల్టన్ క్రియాత్మక సముచిత స్థానాన్ని (1927) ఇచ్చారు.

త్వరిత పునశ్చరణ

- ఆవరణ శాస్త్రం: హెకెల్, 1866. ఆవరణ వ్యవస్థ: టాన్స్లీ, 1935.
- ఎన్సీఈఆర్టీ నాలుగు స్థాయిలు: జీవులు, జనాభాలు, సముదాయాలు, బయోమ్‌లు.
- క్రమం: వ్యష్టి జీవి → జనాభా → సముదాయం → ఆవరణ వ్యవస్థ → బయోమ్ → జీవావరణం.
- ఆవాసం = చిరునామా; సముచిత స్థానం = వృత్తి.
- సముచిత స్థానం: గ్రిన్నెల్ (ప్రాదేశిక, 1917), ఎల్టన్ (క్రియాత్మక, 1927), హచిన్సన్ (అధిఘనపరిమాణం, 1957).
- ఇకోటోన్ = సంక్రమణ మండలం; అంచు ప్రభావం = అక్కడ ఎక్కువ జాతులు.
- విస్తృత ఉష్ణోగ్రత సహనశీలులు (కొన్ని) / సంకుచిత ఉష్ణోగ్రత సహనశీలులు (చాలా); విస్తృత / సంకుచిత లవణీయత సహనశీలులు.
- స్పందనలు: నియంత్రించడం, అనుగుణంగా మారడం, వలస పోవడం, నిలిపివేయడం.
- శీతకాల నిద్ర = చలికాలం; గ్రీష్మకాల నిద్ర = వేసవి; డయాపాజ్ = అభివృద్ధి నిలిచిపోవడం.

2 ఆవరణ వ్యవస్థ నిర్మాణం: జీవ, నిర్జీవ అంశాలు

ఆవరణ వ్యవస్థ ప్రకృతిలోని ఒక క్రియాత్మక యూనిట్. ఇందులో జీవులు ఒకదానితో ఒకటి, తమ నిర్జీవ పరిసరాలతో పరస్పర చర్య జరుపుతాయి. శక్తి ప్రవాహం, పోషక చక్రీయం వీటిని కలిపి ఉంచుతాయి.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **ఆవరణ వ్యవస్థ (ecosystem):** ప్రకృతిలోని ఒక క్రియాత్మక యూనిట్. ఇందులో జీవులు తమలో తాము, భౌతిక పర్యావరణంతో పరస్పర చర్య జరుపుతాయి. ఈ పదాన్ని **ఎ.జి. టాన్స్లీ (1935)** సృష్టించారు.
- రెండు భాగాలు:
  - **జీవ అంశాలు (biotic):** ఉత్పత్తిదారులు, వినియోగదారులు, విచ్ఛిన్నకారులు.
  - **నిర్జీవ అంశాలు (abiotic):** కాంతి, ఉష్ణోగ్రత, నీరు, నేల, గాలి, ఖనిజాలు, మృత సేంద్రియ పదార్థం.
- **ఉత్పత్తిదారులు (స్వయంపోషకాలు, autotrophs):** తమ ఆహారాన్ని తామే తయారు చేసుకుంటాయి. పచ్చని మొక్కలు, శైవలాలు, సయనోబాక్టీరియా దీన్ని **కిరణజన్య సంయోగక్రియ** ద్వారా చేస్తాయి; కొన్ని బాక్టీరియా **రసాయన సంశ్లేషణ** (chemosynthesis) ద్వారా చేస్తాయి.
- **వినియోగదారులు (పరపోషకాలు, heterotrophs):** శాకాహారులు (ప్రాథమిక), మాంసాహారులు (ద్వితీయ, తృతీయ), సర్వాహారులు.
- **విచ్ఛిన్నకారులు (decomposers):** ప్రధానంగా **బాక్టీరియా, శిలీంధ్రాలు**. ఇవి మృత పదార్థాన్ని విచ్ఛిన్నం చేసి పోషకాలను విడుదల చేస్తాయి.
- **శిథిలాహారులు (డెట్రిటివోర్లు, detritivores):** శిథిల పదార్థాన్ని (డెట్రిటస్) తిని, దాన్ని చిన్న ముక్కలుగా చేసే **వానపాము** వంటి జంతువులు.
- ఆవరణ వ్యవస్థలు **సహజమైనవి** (అడవి, గడ్డిభూమి, ఎడారి, చెరువు, సరస్సు, నది, నదీముఖద్వారం, సముద్రం) లేదా **మానవ నిర్మితమైనవి** (పంట పొలం, అక్వేరియం, చేపల చెరువు, తోటల పెంపకం).
- **నాలుగు క్రియాత్మక అంశాలు (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ): ఉత్పాదకత, విచ్ఛిన్నం, శక్తి ప్రవాహం, పోషక చక్రీయం**.
- **స్తరీకరణ (stratification):** జాతులు నిలువుగా పొరలుగా అమరి ఉండటం. ఉదాహరణకు పైన చెట్లు, తర్వాత పొదలు, అడుగున చిన్న మొక్కలు, గడ్డి. ఇది **నిర్మాణాత్మక** లక్షణం.

వివరణ

ఆవరణ వ్యవస్థ అంశాలు

అంశం	రకం	ఉదాహరణలు
అకర్బన పదార్థాలు	నిర్జీవ	కార్బన్ డయాక్సైడ్, నీరు, నైట్రోజన్, ఫాస్ఫేట్లు
సేంద్రియ పదార్థాలు	నిర్జీవ	ప్రొటీన్లు, కార్బోహైడ్రేట్లు, కొవ్వులు (లిపిడ్లు), హ్యూమస్
శీతోష్ణస్థితి కారకాలు	నిర్జీవ	కాంతి, ఉష్ణోగ్రత, వర్షపాతం, ఆర్ద్రత, గాలి
మృత్తికా, స్థలాకృతి కారకాలు	నిర్జీవ	నేల రకం, వాలు, ఎత్తు
ఉత్పత్తిదారులు	జీవ	గడ్డి, చెట్లు, వృక్ష ప్లవకాలు
వినియోగదారులు	జీవ	జింక, పులి, జంతు ప్లవకాలు, చేపలు
విచ్ఛిన్నకారులు	జీవ	బాక్టీరియా, శిలీంధ్రాలు

నమూనా ఆవరణ వ్యవస్థగా చెరువు (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ ఉదాహరణ)

- **నిర్జీవ:** నీరు, కరిగిన అకర్బన, సేంద్రియ పదార్థాలు, అడుగున పేరుకున్న మట్టి.
- **ఉత్పత్తిదారులు:** వృక్ష ప్లవకాలు, కొన్ని శైవలాలు, తేలియాడే, నీటిలో మునిగిన, అంచుల్లో పెరిగే మొక్కలు.
- **వినియోగదారులు:** జంతు ప్లవకాలు, స్వేచ్ఛగా ఈదే జంతువులు, అడుగున నివసించే జంతువులు.
- **విచ్ఛిన్నకారులు:** శిలీంధ్రాలు, బాక్టీరియా, కశాభ జీవులు (flagellates); ఇవి ముఖ్యంగా అడుగున సమృద్ధిగా ఉంటాయి.
- చెరువులో నాలుగు విధులూ కనిపిస్తాయి: ఉత్పత్తిదారులు సూర్యకాంతిని ఆహారంగా మారుస్తాయి, వినియోగదారులు దాన్ని తింటాయి, విచ్ఛిన్నకారులు మృత పదార్థాన్ని ఖనిజీకరిస్తాయి, పోషకాలు తిరిగి ఉత్పత్తిదారులకు చేరతాయి.

ఆవరణ వ్యవస్థ సేవలు

- ఆవరణ వ్యవస్థల నుంచి ప్రజలు పొందే ప్రయోజనాలే ఇవి.
- ఉదాహరణలు: అడవులు గాలిని, నీటిని శుద్ధి చేస్తాయి; కరవులను, వరదలను తగ్గిస్తాయి; పోషకాలను చక్రీయం చేస్తాయి; సారవంతమైన నేలను ఏర్పరుస్తాయి; ఆవాసాన్ని అందిస్తాయి; పుష్పాల్లో పరాగ సంపర్కం జరుపుతాయి; కార్బన్‌ను నిల్వ చేస్తాయి.
- **అడవులు గాలిని, నీటిని శుద్ధి చేయడం** ఆవరణ వ్యవస్థ సేవకు సంప్రదాయ ఉదాహరణ.
- **రాబర్ట్ కోస్టాంజా, సహచరులు (1997)** ప్రపంచ ఆవరణ వ్యవస్థ సేవల విలువను సగటున ఏటా సుమారు **US$ 33 ట్రిలియన్**గా అంచనా వేశారు. ఇది అప్పటి ప్రపంచ జీఎన్‌పీ (GNP) (సుమారు US$ 18 ట్రిలియన్) కు దాదాపు **రెట్టింపు**.
    - ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ సారాంశం ప్రకారం, మొత్తంలో సుమారు **50%** వాటా **మృత్తికా నిర్మాణానిదే**. (పరీక్ష ప్రశ్నలకు ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ గణాంకాల ప్రకారమే సమాధానం ఇవ్వండి.)
    - వినోదం, పోషక చక్రీయం ఒక్కొక్కటి 10% కంటే తక్కువ.
    - శీతోష్ణస్థితి నియంత్రణ, వన్యప్రాణులకు ఆవాసం ఒక్కొక్కటి సుమారు 6%.

లోతైన విశ్లేషణ

మిలీనియం ఎకోసిస్టమ్ అసెస్‌మెంట్ (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) వర్గాలు

వర్గం	అర్థం	ఉదాహరణలు
సరఫరా సేవలు	పొందే ఉత్పత్తులు	ఆహారం, మంచినీరు, కలప, నార, ఔషధాలు
నియంత్రణ సేవలు	సహజ ప్రక్రియల నియంత్రణ	శీతోష్ణస్థితి నియంత్రణ, వరద నియంత్రణ, నీటి శుద్ధి, పరాగ సంపర్కం
సాంస్కృతిక సేవలు	భౌతికేతర ప్రయోజనాలు	వినోదం, ఆధ్యాత్మిక విలువ, పర్యాటకం
సహాయక సేవలు	మిగతా అన్నింటికీ అవసరమైనవి	మృత్తికా నిర్మాణం, పోషక చక్రీయం, ప్రాథమిక ఉత్పత్తి

పరిమిత కారకాల నియమాలు

- **లీబిగ్ కనిష్ఠ నియమం (Liebig's law of the minimum, 1840):** వృద్ధిని వనరుల మొత్తం కాకుండా, అతి తక్కువగా లభించే ఆవశ్యక పోషకం నియంత్రిస్తుంది.
- **షెల్ఫోర్డ్ సహన నియమం (Shelford's law of tolerance, 1913):** ప్రతి జీవికి ప్రతి కారకానికీ ఒక కనిష్ఠ, ఒక గరిష్ఠ పరిమితి ఉంటుంది. వాటి మధ్య పరిధే దాని సహన పరిధి. ఒక కారకం మరీ తక్కువగా ఉంటే ఎంత పరిమితం చేస్తుందో, మరీ ఎక్కువగా ఉన్నా అంతే కచ్చితంగా పరిమితం చేస్తుంది.

స్వయంపోషకాల రకాలు

- **కాంతి స్వయంపోషకాలు** సూర్యకాంతిని వాడుకుంటాయి.
- **రసాయన స్వయంపోషకాలు** హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్, అమ్మోనియా, ఇనుము వంటి అకర్బన రసాయనాలను ఆక్సీకరించడం ద్వారా వచ్చే శక్తిని వాడుకుంటాయి. సూర్యకాంతిపై ఆధారపడని ప్రధాన ఆవరణ వ్యవస్థలైన **లోతైన సముద్రపు ఉష్ణజల బిలాల**

సముదాయాలను ఇవి పోషిస్తాయి.

ఆవరణ వ్యవస్థలు వివృత వ్యవస్థలు. శక్తి లోపలికి వస్తుంది (ప్రధానంగా సూర్యకాంతిగా), బయటకు పోతుంది (ఉష్ణంగా). పదార్థం చాలావరకు లోపలే పునఃచక్రీయమవుతుంది. ఆవరణ వ్యవస్థలు **సమస్థితిని** (homeostasis) చూపిస్తాయి: ఏదైనా అంతరాయం ఒక పరిమితిని దాటే వరకు, ప్రతిపుష్టి (ఉదాహరణకు భక్షకాలు, భక్ష్యాల సంఖ్యలు) వాటిని హద్దుల్లో ఉంచుతుంది.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "స్తరీకరణ నాలుగు క్రియాత్మక అంశాల్లో ఒకటి." ✓ అది **నిర్మాణాత్మక** లక్షణం. నాలుగు విధులు **ఉత్పాదకత, విచ్ఛిన్నం, శక్తి ప్రవాహం, పోషక చక్రీయం**.

✗ "నదీముఖద్వారం మానవ నిర్మిత ఆవరణ వ్యవస్థ." ✓ నదీముఖద్వారం **సహజమైనది**. పంట పొలాలు, అక్వేరియంలు, చేపల చెరువులు మానవ నిర్మితమైనవి.

✗ "కచ్చితమైన అర్థంలో వానపాములు విచ్ఛిన్నకారులు." ✓ వానపాములు **శిథిలాహారులు**; నిజమైన విచ్ఛిన్నకారులు **బాక్టీరియా, శిలీంధ్రాలు**.

✗ "కోస్టాంజా ఆవరణ వ్యవస్థ సేవల విలువను సుమారు US$ 18 ట్రిలియన్‌గా అంచనా వేశారు." ✓ సుమారు **US$ 33 ట్రిలియన్**; US$ 18 ట్రిలియన్ ప్రపంచ జీఎన్‌పీ.

✗ "అన్ని ఉత్పత్తిదారులూ సూర్యకాంతిని వాడుకుంటాయి." ✓ ఉష్ణజల బిలాల వద్ద ఉండే రసాయన సంశ్లేషక బాక్టీరియా **రసాయన శక్తిని** వాడుకుంటాయి.

త్వరిత పునశ్చరణ

- ఆవరణ వ్యవస్థ: టాన్స్‌లీ, 1935; జీవ + నిర్జీవ అంశాలు.
- జీవ అంశాలు: ఉత్పత్తిదారులు, వినియోగదారులు, విచ్ఛిన్నకారులు.
- విచ్ఛిన్నకారులు: బాక్టీరియా, శిలీంధ్రాలు; వానపాము = శిథిలాహారి.
- నాలుగు విధులు: ఉత్పాదకత, విచ్ఛిన్నం, శక్తి ప్రవాహం, పోషక చక్రీయం.
- స్తరీకరణ = నిలువు పొరలు = నిర్మాణం.
- మానవ నిర్మితం: పంట పొలం, అక్వేరియం, చేపల చెరువు.
- కోస్టాంజా (1997): ఏటా సుమారు US$ 33 ట్రిలియన్; మృత్తికా నిర్మాణం సుమారు 50%.
- ఎంఈఏ 2005: సరఫరా, నియంత్రణ, సాంస్కృతిక, సహాయక సేవలు.
- లీబిగ్: కనిష్ఠ నియమం; షెల్ఫోర్డ్: సహన నియమం.

3 శక్తి ప్రవాహం, ఉత్పాదకత: ఆహార గొలుసులు, ఆహార జాలకాలు, పోషక స్థాయిలు, విచ్ఛిన్నం

శక్తి సూర్యకాంతి రూపంలో ఆవరణ వ్యవస్థలోకి ప్రవేశిస్తుంది. ఉత్పత్తిదారులు దానిని బంధిస్తారు. తర్వాత అది పోషక స్థాయిల గుండా ఒకే దిశలో ప్రవహిస్తుంది, అందులో ఎక్కువ భాగం ఉష్ణంగా నష్టమవుతుంది. మృత పదార్థంలో బందీ అయిన పోషకాలను విచ్ఛిన్నకారులు తిరిగి ప్రకృతికి అందిస్తాయి.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **ప్రాథమిక ఉత్పాదకత (primary productivity):** మొక్కలు ఒక యూనిట్ విస్తీర్ణంలో, ఒక యూనిట్ కాలంలో జీవద్రవ్యరాశిని (biomass) ఉత్పత్తి చేసే రేటు.
- **స్థూల ప్రాథమిక ఉత్పాదకత (జీపీపీ, GPP – gross primary productivity):** కిరణజన్య సంయోగక్రియ (photosynthesis) జరిగే మొత్తం రేటు.
- **ఎన్‌పీపీ (NPP) = జీపీపీ – R**. ఇక్కడ R అంటే మొక్కలు శ్వాసక్రియకు వాడుకునే శక్తి. నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదకత (ఎన్‌పీపీ) అనేది పరపోషకాలకు (heterotrophs: శాకాహారులు, విచ్ఛిన్నకారులు) అందుబాటులో ఉండే జీవద్రవ్యరాశి.
- **ద్వితీయ ఉత్పాదకత (secondary productivity): వినియోగదారులు (consumers)** కొత్త సేంద్రియ పదార్థాన్ని తయారుచేసే రేటు.
- **నిలకడ జీవరాశి (standing crop):** ఒక నిర్దిష్ట సమయంలో ఒక పోషక స్థాయిలో ఉన్న సజీవ పదార్థం ద్రవ్యరాశి.
- ఉత్పాదకత యూనిట్లు: **చదరపు మీటరుకు ఏడాదికి గ్రాములు ($g\ m^{-2}\ yr^{-1}$)** లేదా **చదరపు మీటరుకు ఏడాదికి కిలోకేలరీలు ($kcal\ m^{-2}\ yr^{-1}$)**. జీవద్రవ్యరాశిని **పొడి భారం (dry weight)** రూపంలో కొలుస్తారు.
- మొత్తం జీవావరణం (biosphere) వార్షిక ఎన్‌పీపీ సుమారు **170 బిలియన్ టన్నుల** (పొడి భారం) సేంద్రియ పదార్థం. **మహాసముద్రాలు** భూ ఉపరితలంలో సుమారు **70%** ఆక్రమించినా, అవి ఉత్పత్తి చేసేది సుమారు **55 బిలియన్ టన్నులు** మాత్రమే.
- అన్ని ఆవరణ వ్యవస్థలకు శక్తి వనరు **సూర్యుడు**. **లోతైన సముద్రంలోని జలతాప బిలాల (hydrothermal vents)** ఆవరణ వ్యవస్థలు మాత్రమే మినహాయింపు (అక్కడ రసాయన సంశ్లేషణ – chemosynthesis – జరుగుతుంది).
- శక్తి ప్రవాహం **ఏకదిశాత్మకం (unidirectional)**, అంటే ఒకే దిశలో సాగుతుంది. అది చక్రీయం కాదు. పోషకాలు చక్రంలా తిరుగుతాయి; శక్తి తిరగదు.
- **ఆహార గొలుసులు (food chains):**
  - **మేత ఆహార గొలుసు (grazing food chain – జీఎఫ్‌సీ):** సజీవ పచ్చని మొక్కలతో మొదలవుతుంది.
  - **డెట్రిటస్ ఆహార గొలుసు (detritus food chain – డీఎఫ్‌సీ):** మృత సేంద్రియ పదార్థం (డెట్రిటస్)తో మొదలవుతుంది.
- భూ ఆవరణ వ్యవస్థల్లో మేత ఆహార గొలుసు కంటే **డెట్రిటస్ ఆహార గొలుసు ద్వారానే చాలా ఎక్కువ శక్తి ప్రవహిస్తుంది**.
- **ఆహార జాలకం (food web):** ఒకదానితో ఒకటి ముడిపడిన ఆహార గొలుసుల సమూహం.

వివరణ

సూర్యకాంతిలో ఎంత వినియోగమవుతుంది

- భూమిపై పడే సౌర వికిరణంలో **50%** కంటే తక్కువ భాగం మాత్రమే **కిరణజన్య సంయోగక్రియకు ఉపయోగపడే వికిరణం (పీఏఆర్ – PAR, photosynthetically active radiation)**.
- మొక్కలు పీఏఆర్‌లో **2–10%** మాత్రమే గ్రహిస్తాయి. ఈ కొద్ది శక్తే మొత్తం జీవ ప్రపంచాన్ని నిలబెడుతుంది.
- ఆవరణ వ్యవస్థలు **ఉష్ణగతికశాస్త్ర రెండో నియమాన్ని (second law of thermodynamics)** పాటిస్తాయి. సంక్లిష్ట అణువులను నిర్మించడానికి, సహజంగా అస్తవ్యస్తత (ఎంట్రోపీ – entropy) వైపు సాగే ధోరణిని ఎదుర్కోవడానికి వాటికి నిరంతరం శక్తి సరఫరా అవసరం.

పోషక స్థాయిలు (trophic levels)

పోషక స్థాయి	జీవులు	ఉదాహరణ
మొదటిది	ఉత్పత్తిదారులు	గడ్డి, వృక్ష ప్లవకాలు (phytoplankton)
రెండోది	ప్రాథమిక వినియోగదారులు (శాకాహారులు)	మిడత, జింక, జంతు ప్లవకాలు (zooplankton)
మూడోది	ద్వితీయ వినియోగదారులు (మాంసాహారులు)	కప్ప, చిన్న చేప
నాలుగోది	తృతీయ వినియోగదారులు (అగ్ర మాంసాహారులు)	పాము, పెద్ద చేప, గద్ద

- ఒకే జాతి **ఒకటి కంటే ఎక్కువ పోషక స్థాయిల్లో** ఉండవచ్చు. పిచ్చుక గింజలు తిన్నప్పుడు ప్రాథమిక వినియోగదారు, కీటకాలు తిన్నప్పుడు ద్వితీయ వినియోగదారు. అందుకే ఆహార గొలుసు కంటే ఆహార జాలకం వాస్తవానికి దగ్గరగా ఉంటుంది.
- ప్రతి అంచెలో శక్తి బాగా తగ్గిపోతుంది (సుమారు 10% మాత్రమే తర్వాతి స్థాయికి చేరుతుంది; ENV-EC-04 చూడండి). అందుకే పోషక స్థాయిల సంఖ్య పరిమితం (సాధారణంగా 4–5).

విచ్ఛిన్నం: ఐదు సోపానాలు

సోపానం	ఏం జరుగుతుంది
ముక్కలు చేయడం (fragmentation)	వానపాముల వంటి డెట్రిటస్ భక్షకాలు (detritivores) డెట్రిటస్‌ను చిన్న ముక్కలుగా చేస్తాయి
నిక్షాళనం (leaching)	నీటిలో కరిగే అకర్బన పోషకాలు నేలలోకి దిగి, మొక్కలకు అందని లవణాలుగా అవక్షేపం చెందుతాయి
అపచయం (catabolism)	బాక్టీరియా, శిలీంధ్రాల ఎంజైమ్‌లు డెట్రిటస్‌ను సరళమైన అకర్బన పదార్థాలుగా విడగొడతాయి
హ్యూమస్ ఏర్పడటం (humification)	ముదురు రంగులో, నిర్దిష్ట ఆకృతి లేని, కొల్లాయిడ్ పదార్థమైన **హ్యూమస్** ఏర్పడుతుంది. ఇది సూక్ష్మజీవుల చర్యను బాగా తట్టుకుంటుంది, చాలా నెమ్మదిగా విచ్ఛిన్నమవుతుంది
ఖనిజీకరణం (mineralisation)	సూక్ష్మజీవులు హ్యూమస్‌ను విడగొట్టి, అకర్బన పోషకాలను విడుదల చేస్తాయి

విచ్ఛిన్నాన్ని ఏవి వేగవంతం చేస్తాయి, ఏవి మందగింపజేస్తాయి

- **వేగం పెరుగుతుంది: నత్రజని**, **చక్కెరల** వంటి నీటిలో కరిగే పదార్థాలు ఎక్కువగా ఉన్న డెట్రిటస్; **వెచ్చని, తేమ** ఉన్న పరిస్థితులు.
- **వేగం తగ్గుతుంది: లిగ్నిన్, కైటిన్** ఎక్కువగా ఉన్న డెట్రిటస్; **తక్కువ ఉష్ణోగ్రత, ఆక్సిజన్ లేని స్థితి (అవాయు స్థితి – anaerobiosis)**. అందుకే చల్లని ప్రదేశాల్లో, నీరు నిలిచే ప్రదేశాల్లో సేంద్రియ పదార్థం పేరుకుపోతుంది.

లోతైన విశ్లేషణ

- **లిండెమాన్ (Lindeman, 1942)** ఆవరణ వ్యవస్థలను పోషక-గతిక (trophic-dynamic) దృష్టితో వివరించారు: ఒక పోషక స్థాయి నుంచి మరో స్థాయికి శక్తి బదిలీ అవుతుంది, ప్రతి అంచెలో భారీ నష్టం జరుగుతుంది. దీని నుంచే "పది శాతం నియమం (ten per cent law)" వచ్చింది.

- **భూమిపై డీఎఫ్‌సీ ద్వారా ఎక్కువ శక్తి ఎందుకు ప్రవహిస్తుంది:** మొక్కల పదార్థంలో చాలా భాగం (కలప, రాలిన ఆకులు, వేర్లు) సజీవంగా ఉన్నప్పుడు ఎవరూ తినరు. అది చనిపోయి డెట్రిటస్ మార్గంలోకి చేరుతుంది. చాలా జల వ్యవస్థల్లో వృక్ష ప్లవకాలను త్వరగా తినేస్తారు, అందుకే అక్కడ మేత గొలుసు ఎక్కువ వాటా మోస్తుంది.
- **ఉత్పాదకత చాలా మారుతుంది.** ఇది మొక్క జాతి, పర్యావరణం, పోషకాలు, కిరణజన్య సంయోగక్రియ సామర్థ్యంపై ఆధారపడుతుంది. ఉష్ణమండల వర్షారణ్యాలు, నదీముఖద్వారాలు (estuaries), పగడపు దిబ్బలు, చిత్తడి నేలలు అత్యంత ఉత్పాదకత ఉన్నవాటిలో ఉంటాయి. యూనిట్ విస్తీర్ణం లెక్కన ఎడారులు, బహిరంగ మహాసముద్రం అతి తక్కువ ఉత్పాదకత ఉన్నవాటిలో ఉంటాయి.
- **ఆహార జాలకాలు స్థిరత్వాన్ని ఇస్తాయి.** ఒక వినియోగదారుకు అనేక ఆహార వనరులు ఉన్నప్పుడు, ఒకటి పోయినా వ్యవస్థ కుప్పకూలదు. సరళమైన గొలుసులు (ఉదాహరణకు ఆర్కిటిక్ టండ్రాలో) సులభంగా దెబ్బతింటాయి.
- **జైవిక వృద్ధీకరణ (biomagnification):** విచ్ఛిన్నం కాని (నిరంతరంగా నిలిచే) పదార్థం గాఢత వరుస పోషక స్థాయిల్లో పెరగడం. ఆ పదార్థం విడిపోదు, విసర్జితం కాదు; అందుకే కొవ్వులో పేరుకుపోతుంది.
  - ప్రామాణిక ఉదాహరణ: **డీడీటీ (DDT)** చేపలు తినే పక్షుల్లో అధిక స్థాయికి చేరింది. దాంతో గుడ్ల పెంకులు పలుచబడి, సంతానోత్పత్తి విఫలమైంది. రేచల్ కార్సన్ రాసిన *సైలెంట్ స్ప్రింగ్ (Silent Spring)* (1962) దీనిపై దృష్టి సారించింది.
  - **జైవిక సంచయనం (bioaccumulation)** అంటే ఒకే జీవిలో దాని జీవితకాలంలో పదార్థం పేరుకుపోవడం; జైవిక వృద్ధీకరణ అంటే పోషక స్థాయిల **మధ్య** గాఢత పెరగడం.
- **ఆహార గొలుసును తెంచితే మూల్యం చెల్లించాలి.** 1980ల్లో భారత్ పెద్ద ఎత్తున కప్ప కాళ్లను ఎగుమతి చేసింది. కీటకాలను తినే కప్పలు తగ్గడంతో **పంట చీడలు పెరిగాయి**, రైతులు ఎక్కువ పురుగుమందులు వాడారు. తర్వాత ప్రభుత్వం కప్ప కాళ్ల ఎగుమతిని నిషేధించింది.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "ఆవరణ వ్యవస్థలో శక్తి ప్రవాహం చక్రీయం." ✓ అది **ఏకదిశాత్మకం**. **పోషకాలు** మాత్రమే చక్రంలా తిరుగుతాయి.

✗ "మేత ఆహార గొలుసు మృత సేంద్రియ పదార్థంతో మొదలవుతుంది." ✓ అలా మొదలయ్యేది **డెట్రిటస్** ఆహార గొలుసు. మేత గొలుసు సజీవ మొక్కలతో మొదలవుతుంది.

✗ "ఎన్‌పీపీ = జీపీపీ + R." ✓ **ఎన్‌పీపీ = జీపీపీ − R**.

✗ "భూ ఉపరితలంలో 70% ఆక్రమించినందువల్ల ప్రపంచ ఎన్‌పీపీలో ఎక్కువ భాగం మహాసముద్రాలదే." ✓ మహాసముద్రాలు ఉత్పత్తి చేసేది **170 బిలియన్ టన్నుల్లో సుమారు 55** మాత్రమే.

✗ "తక్కువ ఉష్ణోగ్రత, అవాయు పరిస్థితులు విచ్ఛిన్నాన్ని వేగవంతం చేస్తాయి." ✓ అవి దానిని **మందగింపజేస్తాయి**. వెచ్చని, తేమ, ఆక్సిజన్ పుష్కలంగా ఉన్న పరిస్థితులు వేగవంతం చేస్తాయి.

✗ "హ్యూమస్ ఏర్పడే దశలో పోషకాలు విడుదలవుతాయి." ✓ పోషకాలు విడుదలయ్యేది **ఖనిజీకరణంలో**; హ్యూమస్ ఏర్పడే దశలో విచ్ఛిన్నాన్ని తట్టుకునే హ్యూమస్ తయారవుతుంది.

త్వరిత పునశ్చరణ

- ఎన్‌పీపీ = జీపీపీ − R; ఎన్‌పీపీ పరపోషకాలకు ఆహారం.
- ద్వితీయ ఉత్పాదకత = వినియోగదారులు తయారుచేసే కొత్త సేంద్రియ పదార్థం.
- జీవావరణ ఎన్‌పీపీ సుమారు 170 బిలియన్ టన్నులు; మహాసముద్రాలది సుమారు 55 బిలియన్ టన్నులు.
- సూర్యకాంతిలో పీఏఆర్ 50% కంటే తక్కువ; మొక్కలు పీఏఆర్‌లో 2–10% గ్రహిస్తాయి.

- శక్తి: ఏకదిశాత్మకం; పోషకాలు: చక్రీయం.
- భూమిపై జీఎఫ్‌సీ కంటే డీఎఫ్‌సీ ద్వారా ఎక్కువ శక్తి ప్రవహిస్తుంది.
- విచ్ఛిన్నం: ముక్కలు చేయడం, నిక్షాళనం, అపచయం, హ్యూమస్ ఏర్పడటం, ఖనిజీకరణం.
- లిగ్నిన్, కైటిన్, చలి, ఆక్సిజన్ లేకపోవడం విచ్ఛిన్నాన్ని మందగింపజేస్తాయి.
- జైవిక వృద్ధీకరణ: నిరంతర రసాయనాలు (డీడీటీ) ఆహార గొలుసులో పైకి వెళ్లేకొద్దీ పెరుగుతాయి.
- జలతాప బిలాలు: సూర్యకాంతి ఆధారిత ఆవరణ వ్యవస్థలకు మినహాయింపు.

4 ఆవరణ పిరమిడ్‌లు, పది శాతం నియమం

ఆవరణ పిరమిడ్‌లు ప్రతి పోషక స్థాయిలోని సంఖ్య, జీవద్రవ్యరాశి లేదా శక్తిని చూపుతాయి. శక్తి పిరమిడ్ మాత్రమే ఎప్పుడూ నిటారుగా ఉంటుంది, ఎందుకంటే ఒక స్థాయి నుంచి తర్వాతి స్థాయికి సుమారు పదో వంతు శక్తి మాత్రమే చేరుతుంది.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **ఆవరణ పిరమిడ్ (ecological pyramid)** పోషక స్థాయిల (trophic levels) మధ్య సంబంధాన్ని **సంఖ్య, జీవద్రవ్యరాశి (biomass) లేదా శక్తి** రూపంలో చూపుతుంది.
- **అడుగు భాగం** ఎప్పుడూ **ఉత్పత్తిదారులు (producers – మొదటి పోషక స్థాయి)**; **శిఖరం** అగ్ర మాంసాహారి.
- మూడు రకాలు: **సంఖ్యా పిరమిడ్, జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్, శక్తి పిరమిడ్**.
- పిరమిడ్ భావనను (మొదట సంఖ్యా పిరమిడ్‌గా) **చార్లెస్ ఎల్టన్ (Charles Elton, 1927)** ప్రవేశపెట్టారు. అందుకే వీటిని "ఎల్టోనియన్ పిరమిడ్‌లు (Eltonian pyramids)" అంటారు. శక్తి పిరమిడ్‌లు తర్వాత పోషక-గతిక (trophic-dynamic) అధ్యయనాల నుంచి వచ్చాయి.
- **పది శాతం నియమం (ten per cent law):** ఒక పోషక స్థాయిలోని శక్తిలో సుమారు **10%** మాత్రమే తర్వాతి స్థాయికి చేరుతుంది. ఇది **లిండెమాన్ (Lindeman)** అధ్యయనం (1942) నుంచి వచ్చింది.
- **శక్తి పిరమిడ్ ఎప్పుడూ నిటారుగా ఉంటుంది**. అది ఎప్పటికీ తలకిందులు కాదు.
- **సముద్రంలో జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ సాధారణంగా తలకిందులుగా ఉంటుంది**.
- అనేక కీటకాలు ఆశ్రయించిన **ఒకే చెట్టుకు సంఖ్యా పిరమిడ్ తలకిందులుగా** ఉంటుంది.
- జీవద్రవ్యరాశిని **పొడి భారం (dry weight)** రూపంలో కొలిస్తే మరింత కచ్చితంగా ఉంటుంది.

వివరణ

మూడు పిరమిడ్‌లు

పిరమిడ్	ఏం కొలుస్తుంది	నిటారా, తలకిందులా
సంఖ్య	ప్రతి స్థాయిలోని జీవుల లెక్క	గడ్డిభూమిలో నిటారు; చెట్టుకు తలకిందులు
జీవద్రవ్యరాశి	ప్రతి స్థాయిలోని సజీవ పదార్థం పొడి భారం	భూమిపై నిటారు; సముద్రంలో సాధారణంగా తలకిందులు
శక్తి	యూనిట్ విస్తీర్ణంలో, యూనిట్ కాలంలో ప్రతి స్థాయిలోని శక్తి	**ఎప్పుడూ నిటారు**

ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ (NCERT) గడ్డిభూమి సంఖ్యా పిరమిడ్

- ప్రాథమిక ఉత్పత్తిదారులు: సుమారు **5.8 మిలియన్** మొక్కలు (5,842,424).
- ప్రాథమిక వినియోగదారులు (consumers): 708,624.
- ద్వితీయ వినియోగదారులు: 354,904.
- అగ్ర మాంసాహారులు: **3**.
- అంటే దాదాపు 6 మిలియన్ మొక్కలు కేవలం 3 అగ్ర మాంసాహారులను పోషిస్తున్నాయి.

ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ ఆదర్శ శక్తి పిరమిడ్

- 1,000,000 J సూర్యకాంతిలో ఉత్పత్తిదారులు సుమారు **1%** (10,000 J) శక్తిని నికర ప్రాథమిక ఉత్పాదకతగా (ఎన్‌పీపీ – NPP) మారుస్తారు.
- తర్వాత ప్రతి అంచెలో సుమారు 10% ముందుకు వెళ్తుంది: 10,000 J → 1,000 J → 100 J → 10 J.

శక్తి పిరమిడ్ ఎప్పుడూ ఎందుకు నిటారుగా ఉంటుంది

- ప్రతి బదిలీలో శ్వాసక్రియలో ఉష్ణంగా, జీర్ణం కాని పదార్థంలో, తినకుండా వదిలిన భాగాల్లో శక్తి నష్టమవుతుంది.
- తనను పోషించే స్థాయి కంటే పై స్థాయిలో ఎక్కువ శక్తి ఎప్పటికీ ఉండదు.

సముద్రంలో జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ ఎందుకు తలకిందులుగా ఉంటుంది

- వృక్ష ప్లవకాలను (phytoplankton) త్వరగా తినేస్తాయి, అవి కూడా త్వరగా పునరుత్పత్తి చెందుతాయి. అందుకే ఏ క్షణంలోనైనా వాటి **నిలకడ జీవరాశి (standing crop) తక్కువ**.
- వాటిని తినే చేపల జీవద్రవ్యరాశి ఏ సమయంలోనైనా ఎక్కువగా ఉంటుంది.
- అదే సముద్రంలో **శక్తి** పిరమిడ్ మాత్రం నిటారుగానే ఉంటుంది, ఎందుకంటే వృక్ష ప్లవకాల వార్షిక **ఉత్పత్తి** వాటి నిలకడ జీవరాశి కంటే చాలా ఎక్కువ.

చెట్టుకు సంఖ్యా పిరమిడ్ ఎందుకు తలకిందులుగా ఉంటుంది

- ఒక పెద్ద చెట్టు (ఉత్పత్తిదారు) అనేక కీటకాలను పోషిస్తుంది; ఆ కీటకాలు తక్కువ సంఖ్యలో పక్షులను పోషిస్తాయి.
- అడుగు సన్నగా, మధ్య భాగం వెడల్పుగా ఉంటుంది. పరాన్నజీవి గొలుసులు (ఒక అతిథేయి, అనేక పరాన్నజీవులు) కూడా తలకిందులుగా ఉంటాయి.

లోతైన విశ్లేషణ

ఆవరణ పిరమిడ్‌ల పరిమితులు (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ)

- **ఒకే జాతి రెండు లేదా అంతకంటే ఎక్కువ పోషక స్థాయిలకు చెందడాన్ని** అవి పరిగణించవు (గింజలు, కీటకాలు రెండూ తినే పిచ్చుక).
- అవి **సరళమైన ఆహార గొలుసును** ఊహిస్తాయి; ప్రకృతిలో అలాంటిది దాదాపు ఎప్పుడూ ఉండదు.
- అవి **ఆహార జాలకాన్ని (food web) చూపలేవు**.
- **పూతికాహారులకు (saprophytes – విచ్ఛిన్నకారులు)** ఆవరణ వ్యవస్థలో కీలక పాత్ర ఉన్నా, పిరమిడ్‌లో వాటికి **ఏ స్థానమూ ఇవ్వలేదు**.

పది శాతం నియమం వివరంగా

- బదిలీ సామర్థ్యం సరిగ్గా 10% కాదు. ఇది సాధారణంగా సుమారు 5–20% పరిధిలో ఉంటుంది; 10% అనేది స్థూల అంచనా సూత్రం.
- ప్రతి స్థాయి శక్తిని కోల్పోయే మార్గాలు:
  - శ్వాసక్రియలో (అతిపెద్ద నష్టం)
  - తినకుండా మిగిలిన ఆహారంగా
  - తిన్నా శోషణ కాని ఆహారంగా (మలం)
- దీని ద్వారా వివరించగలిగేవి:
  - ఆహార గొలుసుల్లో **నాలుగు లేదా ఐదు** కంటే ఎక్కువ స్థాయిలు అరుదుగా ఎందుకు ఉంటాయో
  - అగ్ర మాంసాహారులు ఎందుకు తక్కువగా ఉంటాయో, వాటికి విశాలమైన సంచార ప్రాంతాలు ఎందుకు అవసరమో
  - ఆవాస నష్టం, జైవిక వృద్ధీకరణ (biomagnification) వల్ల అగ్ర మాంసాహారులకే ఎందుకు ఎక్కువ ముప్పో

సంఖ్య, జీవద్రవ్యరాశి తప్పుదారి పట్టించవచ్చు; శక్తి పట్టించదు. సంఖ్య పరిమాణాన్ని పట్టించుకోదు (ఒక చెట్టు ఒకటిగానే లెక్క). జీవద్రవ్యరాశి ఒక క్షణపు చిత్రం (నిలకడ జీవరాశి) మాత్రమే, అది కొత్త జీవద్రవ్యరాశి తయారయ్యే వేగాన్ని (టర్నోవర్ రేటును) పట్టించుకోదు. శక్తి కాలక్రమంలో ప్రవాహాన్ని కొలుస్తుంది, అందుకే ఆవరణ వ్యవస్థ ఎలా పనిచేస్తుందో ప్రతిబింబిస్తుంది.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "జీవద్రవ్యరాశి పిరమిడ్ ఎప్పుడూ నిటారుగా ఉంటుంది." ✓ అది **సముద్రంలో సాధారణంగా తలకిందులుగా ఉంటుంది**. **శక్తి** పిరమిడ్ మాత్రమే ఎప్పుడూ నిటారు.

✗ "సంఖ్యా పిరమిడ్ ఎప్పుడూ నిటారుగా ఉంటుంది." ✓ అనేక కీటకాలున్న చెట్టుకు, పరాన్నజీవి గొలుసులకు అది **తలకిందులు**.

✗ "పది శాతం నియమం అంటే ప్రతి స్థాయిలో 10% శక్తి నష్టమవుతుంది." ✓ సుమారు 10% **ముందుకు చేరుతుంది**; సుమారు **90% నష్టమవుతుంది**.

✗ "పిరమిడ్ అడుగు భాగం అగ్ర మాంసాహారి." ✓ అడుగు భాగం **ఉత్పత్తిదారులు** (మొదటి పోషక స్థాయి).

✗ "పిరమిడ్‌లు విచ్ఛిన్నకారులను (decomposers), ఆహార జాలకాలను పూర్తిగా పరిగణిస్తాయి." ✓ అవి **పూతికాహారులను వదిలేస్తాయి**, **ఆహార జాలకాలను చూపలేవు**.

త్వరిత పునశ్చరణ

- మూడు పిరమిడ్‌లు: సంఖ్య, జీవద్రవ్యరాశి, శక్తి.
- అడుగు = ఉత్పత్తిదారులు; శిఖరం = అగ్ర మాంసాహారి.
- శక్తి పిరమిడ్: ఎప్పుడూ నిటారు.
- సముద్రంలో జీవద్రవ్యరాశి: సాధారణంగా తలకిందులు.
- చెట్టుకు సంఖ్య: తలకిందులు.
- పది శాతం నియమం (లిండెమాన్, 1942): సుమారు 10% ముందుకు చేరుతుంది.
- ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ గడ్డిభూమి: సుమారు 5.8 మిలియన్ మొక్కలు 3 అగ్ర మాంసాహారులను పోషిస్తాయి.
- ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ ఆదర్శ శక్తి పిరమిడ్: ఉత్పత్తిదారులు సూర్యకాంతిలో సుమారు 1% శక్తిని ఎన్‌పీపీగా మారుస్తారు.
- పరిమితులు: అనేక స్థాయిల్లో ఉండే జాతులు, ఆహార జాలకాలు, పూతికాహారులను పట్టించుకోవు.

5 ఆవరణ అనుక్రమం: ప్రాథమిక, ద్వితీయ, పరాకాష్ఠ

ఆవరణ అనుక్రమం అంటే ఒక ప్రాంతంలోని జాతులు కాలక్రమంలో క్రమంగా, దాదాపు ఊహించదగిన విధంగా మారడం. శీతోష్ణస్థితితో సమతుల్యంలో ఉండే స్థిరమైన పరాకాష్ఠ సముదాయం ఏర్పడే వరకు ఈ మార్పు సాగుతుంది.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **అనుక్రమం (succession):** ఒక ప్రాంతంలోని జాతుల కూర్పులో క్రమంగా, దాదాపు ఊహించదగిన విధంగా జరిగే మార్పు.
- **మార్గదర్శక జాతులు (pioneer species):** ఖాళీ ప్రాంతంలో మొదట స్థిరపడే జాతులు.
- **సీర్ (sere):** ఒక ప్రాంతంలో ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా వచ్చే సముదాయాల మొత్తం వరుస.
- **సీరల్ దశలు (seral stages / seral communities):** ఒక సీర్‌లోని ఒక్కో తాత్కాలిక సముదాయం.
- **పరాకాష్ఠ సముదాయం (climax community):** పర్యావరణంతో (ప్రధానంగా శీతోష్ణస్థితితో) దాదాపు సమతుల్యంలో ఉండే చివరి, స్థిరమైన సముదాయం.
- **ప్రాథమిక అనుక్రమం (primary succession): ఇంతకుముందు నేల గానీ జీవం గానీ లేని** చోట మొదలవుతుంది: ఖాళీ శిల, కొత్తగా చల్లారిన లావా, కొత్తగా ఏర్పడిన ఇసుక దిబ్బలు, కొత్తగా ఏర్పడిన చెరువు లేదా జలాశయం.
- **ద్వితీయ అనుక్రమం (secondary succession):** ఒక సముదాయం **నాశనమైనా నేల మిగిలి ఉన్న** చోట మొదలవుతుంది: వదిలేసిన వ్యవసాయ భూమి, కాలిపోయిన లేదా నరికిన అడవి, వరద ముంచిన భూమి.
- **ద్వితీయ అనుక్రమం ప్రాథమిక అనుక్రమం కంటే వేగంగా** జరుగుతుంది, ఎందుకంటే అక్కడ నేల, విత్తనాలు, వేర్లు ముందే ఉంటాయి.
- **ఖాళీ శిలపై మార్గదర్శకాలు:** సాధారణంగా **లైకెన్‌లు (lichens)**. అవి స్రవించే ఆమ్లాలు శిలను కరిగించి మృత్తికా నిర్మాణాన్ని ప్రారంభిస్తాయి. తర్వాత మాస్‌లు (mosses – నాచు మొక్కలు) వస్తాయి.
- **నీటిలో మార్గదర్శకాలు:** సాధారణంగా **వృక్ష ప్లవకాలు (phytoplankton)**.
- **హైడ్రార్క్ అనుక్రమం (hydrarch succession):** నీటిలో జరుగుతుంది; **తడి (hydric) పరిస్థితి నుంచి మధ్యస్థ తేమ (mesic)** పరిస్థితి వైపు సాగుతుంది.
- **జీరార్క్ అనుక్రమం (xerarch succession):** పొడి ప్రాంతాల్లో జరుగుతుంది; **పొడి (xeric) పరిస్థితి నుంచి మధ్యస్థ తేమ** పరిస్థితి వైపు సాగుతుంది.
- అనుక్రమం, పరాకాష్ఠ భావనలను **ఎఫ్.ఇ. క్లెమెంట్స్ (F.E. Clements, 1916)** అభివృద్ధి చేశారు.

వివరణ

అనుక్రమ దశలు

హైడ్రార్క్ (నీరు)	జీరార్క్ (ఖాళీ శిల)
వృక్ష ప్లవకాలు	లైకెన్‌లు (మొదట పెంకు రకం – crustose, తర్వాత ఆకు రకం – foliose)
నీట మునిగి వేళ్లూనిన మొక్కలు	మాస్‌లు
వేళ్లూని తేలే మొక్కలు	గుల్మాలు, గడ్డి
రెల్లు చిత్తడి, తుంగ జాతి మొక్కలు (చిత్తడి-పచ్చిక)	పొదలు

హైడ్రార్క్ (నీరు)	జీరార్క్ (ఖాళీ శిల)
పొదలు	చెట్లు
అడవి (పరాకాష్ఠ)	అడవి (పరాకాష్ఠ)

- రెండు వరుసలూ **మధ్యస్థ తేమ** (మోస్తరు తేమ) పరిస్థితుల వైపే దారితీస్తాయి: జలాశయాలు పూడుకుపోయి పొడిగా మారతాయి; ఖాళీ శిలపై నేల ఏర్పడి ఎక్కువ నీటిని నిలుపుకుంటుంది.

అనుక్రమంలో ఏం మారుతుంది

- నేల లోతు, సేంద్రియ పదార్థం పెరుగుతాయి.
- జాతుల సంఖ్య, వైవిధ్యం పెరుగుతాయి.
- మొత్తం జీవద్రవ్యరాశి పెరుగుతుంది.
- సముచిత స్థానాలు (niches) మరింత ప్రత్యేకమవుతాయి, ఆహార జాలకాలు మరింత సంక్లిష్టమవుతాయి.
- పోషక చక్రాలు మరింత మూసుకున్నవిగా మారతాయి; వ్యవస్థ నుంచి తక్కువ నష్టమవుతుంది.
- సముదాయం r-ఎంపిక (r-selected) మార్గదర్శకాల (చిన్నవి, వేగంగా పెరిగేవి) నుంచి K-ఎంపిక (K-selected) పరాకాష్ఠ జాతుల (పెద్దవి, దీర్ఘాయువు ఉన్నవి) వైపు మారుతుంది.

ప్రాథమిక, ద్వితీయ అనుక్రమాల పోలిక

లక్షణం	ప్రాథమిక	ద్వితీయ
ప్రారంభ స్థితి	నేల లేదు, జీవం లేదు	నేల ఉంది, జీవం తొలగిపోయింది
ఉదాహరణలు	ఖాళీ శిల, లావా, కొత్త చెరువు	వదిలేసిన పొలం, కాలిన అడవి
మార్గదర్శకాలు	లైకెన్‌లు, వృక్ష ప్లవకాలు	నేలలోని విత్తనాల నుంచి వచ్చే గడ్డి, గుల్మాలు
వేగం	చాలా నెమ్మది (శతాబ్దాలు లేదా అంతకంటే ఎక్కువ)	వేగంగా (దశాబ్దాలు)

లోతైన విశ్లేషణ

కారణం, శక్తి ఆధారంగా రకాలు

- **స్వజనిత అనుక్రమం (autogenic succession):** మార్పు సముదాయం వల్లనే జరుగుతుంది (ఉదాహరణకు మొక్కలు నేలను, నీడను ఏర్పరచడం).
- **పరజనిత అనుక్రమం (allogenic succession):** మార్పు బాహ్య శక్తుల వల్ల జరుగుతుంది (మంటలు, వరద, పూడిక, వాతావరణ మార్పు).
- **స్వయంపోషక అనుక్రమం (autotrophic succession):** మొదటి నుంచీ పచ్చని మొక్కలదే ఆధిపత్యం; కాలక్రమంలో జీవద్రవ్యరాశి పెరుగుతుంది.
- **పరపోషక అనుక్రమం (heterotrophic succession):** ప్రారంభంలో పరపోషకాలదే ఆధిపత్యం, ఉదాహరణకు చనిపోయిన దుంగపై లేదా మురుగునీరు ఎక్కువగా చేరిన చెరువులో; కాలక్రమంలో సేంద్రియ పదార్థం తగ్గుతుంది.

పరాకాష్ఠపై భిన్న దృక్పథాలు

సిద్ధాంతం	ప్రతిపాదించినవారు	భావన
ఏక పరాకాష్ఠ (monoclimax)	ఎఫ్.ఇ. క్లెమెంట్స్	ప్రతి శీతోష్ణ ప్రాంతానికి శీతోష్ణస్థితి నిర్ణయించే ఒకే ఒక పరాకాష్ఠ ఉంటుంది

సిద్ధాంతం	ప్రతిపాదించినవారు	భావన
బహు పరాకాష్ఠ (polyclimax)	ఎ.జి. టాన్స్‌లీ (A.G. Tansley)	ఒకే ప్రాంతంలో నేల, భూస్వరూపం, మంటలు మొదలైనవి నిర్ణయించే అనేక పరాకాష్ఠలు ఉండవచ్చు
పరాకాష్ఠ నమూనా (climax-pattern)	ఆర్.హెచ్. విట్టేకర్ (R.H. Whittaker)	పరాకాష్ఠ అనేది పర్యావరణాన్ని బట్టి మారే నిరంతర నమూనా

యంత్రాంగాలు (కానెల్, స్లాటియర్ – Connell and Slatyer, 1977)

- **సులభతరం చేయడం (facilitation):** తొలి జాతులు పరిస్థితులను మార్చి తర్వాతి జాతులకు సహాయపడతాయి.
- **సహనం (tolerance):** తర్వాతి జాతులు తక్కువ వనరులను తట్టుకుని, తొలి జాతుల కంటే ఎక్కువ కాలం నిలుస్తాయి.
- **నిరోధం (inhibition):** తొలి జాతులు ఆ స్థలాన్ని ఆక్రమించి, అవి చనిపోయే వరకు లేదా ఏదైనా అలజడి కలిగే వరకు తర్వాతి జాతులను అడ్డుకుంటాయి.

అలజడి అనుక్రమాన్ని మళ్లీ మొదటికి తెస్తుంది. మంటలు, చక్రవాతాలు, పశువుల మేత, పోడు వ్యవసాయం కారణంగా భారతదేశంలోని అనేక భూదృశ్యాలు ఏదో ఒక సీరల్ దశలోనే నిలిచిపోతాయి. ఉదాహరణకు, అనేక గడ్డిభూములు క్రమం తప్పని మంటలు లేదా మేత వల్లనే నిలిచి ఉన్నాయి.

వాస్తవ ఉదాహరణలు: 1883లో క్రకటోవా (ఇండోనేషియా) అగ్నిపర్వత విస్ఫోటనం ఆ దీవిలోని జీవాన్ని తుడిచిపెట్టిన తర్వాత, అది ప్రాథమిక అనుక్రమానికి ప్రామాణిక అధ్యయనంగా మారింది. ఈశాన్య భారతదేశంలో వదిలేసిన ఝూమ్ (పోడు వ్యవసాయం) భూములు తిరిగి అడవి వైపు సాగే ద్వితీయ అనుక్రమాన్ని చూపుతాయి.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "వదిలేసిన పొలంలో జరిగేది ప్రాథమిక అనుక్రమం." ✓ నేల మిగిలి ఉంటుంది కాబట్టి అది **ద్వితీయ** అనుక్రమం.

✗ "ఖాళీ శిలపై మార్గదర్శకాలు మాస్‌లు." ✓ **లైకెన్‌లే** మార్గదర్శకాలు; మాస్‌లు తర్వాత వస్తాయి.

✗ "హైడ్రార్క్ అనుక్రమం పొడి నుంచి తడి వైపు సాగుతుంది." ✓ హైడ్రార్క్ **తడి నుంచి మధ్యస్థ తేమ** వైపు; జీరార్క్ **పొడి నుంచి మధ్యస్థ తేమ** వైపు సాగుతుంది.

✗ "పోటీ తక్కువ కాబట్టి ప్రాథమిక అనుక్రమం వేగంగా జరుగుతుంది." ✓ నేల ముందే ఉంటుంది కాబట్టి **ద్వితీయ** అనుక్రమమే వేగంగా జరుగుతుంది.

✗ "సీర్ అంటే చివరి సముదాయం." ✓ సీర్ అంటే **మొత్తం వరుస**; చివరి స్థిర దశ **పరాకాష్ఠ**.

త్వరిత పునశ్చరణ

- అనుక్రమం: జాతుల కూర్పులో క్రమంగా, ఊహించదగిన మార్పు.
- మార్గదర్శకం → సీరల్ దశలు → పరాకాష్ఠ; మొత్తం వరుస = సీర్.
- ప్రాథమిక: నేల లేదు (శిల, లావా, కొత్త చెరువు). ద్వితీయ: నేల మిగిలి ఉంది (వదిలేసిన పొలం, కాలిన అడవి).
- ద్వితీయ అనుక్రమం వేగవంతం.
- మార్గదర్శకాలు: శిలపై లైకెన్‌లు; నీటిలో వృక్ష ప్లవకాలు.
- హైడ్రార్క్: తడి → మధ్యస్థ తేమ. జీరార్క్: పొడి → మధ్యస్థ తేమ.
- క్లెమెంట్స్ (1916): ఏక పరాకాష్ఠ. టాన్స్‌లీ: బహు పరాకాష్ఠ. విట్టేకర్: పరాకాష్ఠ నమూనా.

- అనుక్రమంలో వైవిధ్యం, జీవద్రవ్యరాశి, నేల పెరుగుతాయి.

6 జనాభా, సముదాయ ఆవరణ శాస్త్రం: పెరుగుదల, పరస్పర చర్యలు, కీలక జాతులు

జనాభా జననాలు, వలస రాక (immigration) వల్ల పెరుగుతుంది; మరణాలు, వలస పోక (emigration) వల్ల తగ్గుతుంది. ఇదంతా వనరులు విధించే పరిమితుల్లోనే జరుగుతుంది. ఒక సముదాయంలోని జాతులు ఒకదానికొకటి మేలు చేసే, హాని చేసే లేదా ఏ ప్రభావమూ చూపని విధాలుగా పరస్పరం వ్యవహరిస్తాయి.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **జనాభా లక్షణాలు** (ఒక్క జీవికి ఇవి ఉండవు): **జనన రేటు (natality), మరణ రేటు (mortality), లింగ నిష్పత్తి, వయో పంపిణీ (age distribution)**.
- **జనాభా సాంద్రతను (population density) N**తో సూచిస్తారు.
- **జనాభాలో మార్పు: $N_{t+1} = N_t + [(B + I) - (D + E)]$**. జననాలు, వలస రాకల మొత్తం మరణాలు, వలస పోకల మొత్తాన్ని మించినప్పుడు సాంద్రత పెరుగుతుంది.
- **ఘాతాంక పెరుగుదల (exponential growth)** (అపరిమిత వనరులు): **$dN/dt = rN$**. ఇది **J ఆకారపు** వక్రాన్ని ఇస్తుంది. **r** అంటే **సహజ పెరుగుదల అంతర్గత రేటు (intrinsic rate of natural increase)**.
- **లాజిస్టిక్ పెరుగుదల (logistic growth)** (పరిమిత వనరులు): **$dN/dt = rN(K - N)/K$**. ఇది **సిగ్మాయిడ్ (S ఆకారపు)** వక్రాన్ని ఇస్తుంది. ఇది **వెర్హల్స్ట్–పెర్ల్ (Verhulst–Pearl)** నమూనా. **K** అంటే **ధారణ సామర్థ్యం (carrying capacity)**.
- **రెండు జాతుల మధ్య పరస్పర చర్యలు:**

పరస్పర చర్య	జాతి A	జాతి B
సహోపకారిత (mutualism)	+	+
పోటీ (competition)	–	–
భక్షణ (predation)	+	–
పరాన్నజీవనం (parasitism)	+	–
సహభోజకత్వం (commensalism)	+	0
అమెన్సలిజం (amensalism – ఏకపక్ష హాని)	–	0

- **కీలక జాతి (keystone species):** తన సంఖ్యను బట్టి ఊహించే దానికంటే సముదాయంపై చాలా ఎక్కువ ప్రభావం చూపే జాతి. ప్రామాణిక ఉదాహరణ నక్షత్ర చేప పైసాస్టర్ (*Pisaster*).

వివరణ

జనాభా పరిమాణాన్ని కొలవడం

- కేవలం **సంఖ్యలు** ఎప్పుడూ అర్థవంతంగా ఉండవు. ఒక ప్రాంతంలో 200 పార్థీనియం (*Parthenium*) మొక్కలు, ఒక పెద్ద మర్రిచెట్టు ఉంటే, మర్రిచెట్టును **విస్తరించిన శాతం (percent cover) లేదా జీవద్రవ్యరాశి** బాగా వివరిస్తుంది.
- తరచుగా **సాపేక్ష సాంద్రత (relative density)** సరిపోతుంది. ఉదాహరణకు, ఒక వలకు చిక్కే చేపల సంఖ్య చేపల జనాభాకు కొలమానం.

- **జనన రేటు ఉదాహరణ (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ – NCERT):** గత ఏడాది 20 తామర మొక్కలు ఉన్నాయి, 8 కొత్తవి చేరాయి: జనన రేటు = 8/20 = **ఏడాదికి ఒక్కో తామరకు 0.4 సంతానం**.
- **వయో పిరమిడ్‌లు (age pyramids)** ప్రత్యుత్పత్తికి ముందు దశ, ప్రత్యుత్పత్తి దశ, ప్రత్యుత్పత్తి తర్వాతి దశలోని జీవుల వాటాను చూపుతాయి:
    - త్రిభుజాకారం (వెడల్పైన అడుగు): **విస్తరిస్తున్న జనాభా**
    - గంట ఆకారం: **స్థిర జనాభా**
    - కూజా ఆకారం (సన్నని అడుగు): **క్షీణిస్తున్న జనాభా**

పెరుగుదల నమూనాలు

- **ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ r విలువలు:** నార్వే ఎలుక **0.015**; పిండి పురుగు **0.12**; 1981లో భారత మానవ జనాభా **0.0205**.
- **ఘాతాంక:** Nt = N0 e^(rt). 3 సంవత్సరాల్లో రెట్టింపయ్యే జనాభాకు r = ln 2 / 3 ≈ ఏడాదికి **0.23**.
- **లాజిస్టిక్:** ఈ వక్రంలో మొదట **మందకొడి దశ (lag phase)**, తర్వాత **త్వరణ దశ**, తర్వాత **మందగమన దశ**, చివరగా K వద్ద **స్థిర గరిష్ఠ స్థాయి (asymptote)** ఉంటాయి. వనరులు ఎప్పుడూ పరిమితమే కాబట్టి ఇది వాస్తవానికి దగ్గరగా ఉంటుంది.
- **జీవిత చరిత్ర నమూనాలు (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ):**
    - కొన్ని జీవితకాలంలో **ఒక్కసారే** ప్రత్యుత్పత్తి చేస్తాయి: **పసిఫిక్ సాల్మన్ చేప, వెదురు**.
    - చాలా పక్షులు, క్షీరదాలు **అనేకసార్లు** ప్రత్యుత్పత్తి చేస్తాయి.
    - కొన్ని **అనేక చిన్న సంతానాన్ని** ఉత్పత్తి చేస్తాయి: **ఆయిస్టర్‌లు, సముద్ర ఉపరితల (పెలాజిక్) చేపలు**.
    - మరికొన్ని **కొద్ది సంఖ్యలో పెద్ద సంతానాన్ని** ఉత్పత్తి చేస్తాయి: పక్షులు, క్షీరదాలు.
- జనాభాలు **ప్రత్యుత్పత్తి (డార్వినియన్) యోగ్యతను (reproductive fitness)** గరిష్ఠం చేసుకునే దిశలో పరిణామం చెందుతాయి; ఇది **అధిక r** రూపంలో కనిపిస్తుంది.

ప్రతి పరస్పర చర్యకు ఉదాహరణలు (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ)

- **సహోపకారిత:**
    - లైకెన్‌లు (శిలీంధ్రం + శైవలం లేదా సయనోబాక్టీరియం)
    - మైకోర్రైజా (mycorrhiza) (శిలీంధ్రం + ఉన్నత మొక్కల వేర్లు)
    - అత్తి చెట్టు, దాని పరాగసంపర్క కందిరీగ: ఆడ కందిరీగ పండులో గుడ్లు పెడుతుంది, లార్వాలు అభివృద్ధి చెందుతున్న విత్తనాలను తింటాయి
    - తేనెటీగను **లైంగిక మోసం (sexual deceit)** ద్వారా ఆకర్షించి పరాగసంపర్కం పొందే ఓఫ్రిస్ (*Ophrys*) ఆర్కిడ్
- **సహభోజకత్వం:** మామిడి కొమ్మపై పెరిగే ఆర్కిడ్; తిమింగలంపై బార్నకిల్‌లు (barnacles); **పశువుల కొంగ (cattle egret), మేస్తున్న పశువులు**; **సముద్ర ఎనిమోన్, క్లౌన్ చేప**.
- **అమెన్సలిజం:** పెన్సీలియం (*Penicillium*) పెన్సిలిన్‌ను స్రవిస్తుంది; అది బాక్టీరియాకు హాని చేస్తుంది, శిలీంధ్రంపై మాత్రం ఏ ప్రభావమూ ఉండదు.
- **పరాన్నజీవనం:** మనుషులపై పేలు, కుక్కలపై గోమార్లు, సముద్ర చేపలపై కోపిపోడ్‌లు (బాహ్య పరాన్నజీవులు – ectoparasites); కాలేయ పరాన్నజీవి లివర్ ఫ్లూక్ (అంతః పరాన్నజీవి – endoparasite); కంచె మొక్కలపై కస్కుటా (*Cuscuta*).
    - **సంతాన పరాన్నజీవనం (brood parasitism): కోకిల తన గుడ్లను కాకి గూటిలో పెడుతుంది**.
- **పోటీ:** దక్షిణ అమెరికా సరస్సుల్లో ఫ్లెమింగోలు, స్థానిక చేపలు జంతు ప్లవకాల (zooplankton) కోసం పోటీ పడతాయి.

లోతైన విశ్లేషణ

భక్షణ

- పరభక్షకులు శక్తిని బదిలీ చేస్తాయి, వేట జంతువుల సంఖ్యను అదుపులో ఉంచుతాయి, జాతుల వైవిధ్యాన్ని కాపాడటంలో సహాయపడతాయి.
- ఆస్ట్రేలియాలో బయటి నుంచి తెచ్చిన **నాగజెముడు (prickly pear cactus)** 1920ల నాటికి మిలియన్ల హెక్టార్ల పచ్చిక భూముల్లో వ్యాపించింది (ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ ఈ సమస్యను 1920ల ప్రారంభానికి చెందినదిగా చెబుతుంది). దాని స్వస్థలం నుంచి **కాక్టస్‌ను తినే చిమ్మట**ను తెచ్చిన తర్వాతే అది అదుపులోకి వచ్చింది. (జీవ నియంత్రణ.)
- **వివేకవంతమైన పరభక్షకులు (prudent predators)** వేట జంతువులను అతిగా వినియోగించవు. వేట జంతువులు అంతరించిపోతే పరభక్షకి కూడా ఆకలితో చనిపోతుంది.
- **వేట జంతువుల రక్షణ మార్గాలు:**
  - మారువేషం (camouflage)
  - విషం: **మోనార్క్ సీతాకోకచిలుక** పక్షులకు రుచించదు, ఎందుకంటే దాని గొంగళిపురుగు దశలో ఒక విషపూరిత కలుపు మొక్క నుంచి ఒక రసాయనాన్ని గ్రహిస్తుంది
  - ముళ్లు (అకేషియా – *Acacia*, కాక్టస్)
  - మొక్కల రసాయనాలు: జిల్లేడు (*Calotropis*) విషపూరిత **కార్డియాక్ గ్లైకోసైడ్‌లను** తయారుచేస్తుంది; **నికోటిన్, కెఫీన్, క్వినైన్, స్ట్రిక్నిన్**, **నల్లమందు** మేసే జంతువుల నుంచి మొక్కల రక్షణ సాధనాలు
- మొత్తం కీటకాల్లో దాదాపు **25% శాకభక్షకాలు (phytophagous)** (మొక్కల రసం, ఇతర మొక్క భాగాలను తింటాయి).

పోటీ

- ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ నిర్వచనం ప్రకారం, మరో జాతి సమక్షంలో ఒక జాతి యోగ్యత (దాని r ద్వారా కొలిచేది) గణనీయంగా తగ్గే ప్రక్రియే పోటీ. ఇది సంబంధిత జాతుల మధ్య, సంబంధం లేని జాతుల మధ్య కూడా జరుగుతుంది; వనరులు పరిమితం కానప్పుడు కూడా జరుగుతుంది.
- **అంతరాయ పోటీ (interference competition):** వనరులు పుష్కలంగా ఉన్నా, మరో జాతి అంతరాయం కలిగించే, నిరోధించే ఉనికి వల్ల ఒక జాతి ఆహార సేకరణ సామర్థ్యం తగ్గుతుంది.
- గాలపాగోస్ దీవుల్లోని **అబింగ్డన్ తాబేలు** మేకలు వచ్చిన దశాబ్దంలోపే అంతరించిపోయింది; మేకలు మరింత సమర్థంగా మేయడమే కారణమని భావిస్తారు.
- **పోటీ విముక్తి (competitive release):** బలమైన పోటీదారు వల్ల పరిధి పరిమితమైన జాతి, ఆ పోటీదారును తొలగించినప్పుడు విస్తరిస్తుంది. స్కాట్లాండ్ తీరంలో **కానెల్ (Connell)** చేసిన ప్రయోగాలు, పెద్ద బార్నకిల్ బాలనస్ (*Balanus*) చిన్న బార్నకిల్ ఛమాలస్‌ను (*Chthamalus*) అంతర వేలాపోటు మండలం (intertidal zone) నుంచి దూరం చేస్తుందని చూపాయి.
- **గాస్ పోటీ మినహాయింపు సూత్రం (Gause's competitive exclusion principle):** ఒకే వనరు కోసం పోటీపడే దగ్గరి సంబంధం ఉన్న రెండు జాతులు నిరవధికంగా కలిసి ఉండలేవు; చివరికి బలహీనమైనది తొలగిపోతుంది.
- **వనరుల విభజన (resource partitioning):** దగ్గరి సంబంధం ఉన్న ఐదు **వార్బ్లర్ (warbler) పక్షి జాతులు** ఒకే చెట్టులోని వేర్వేరు భాగాల్లో ఆహారం వెతుక్కుంటూ అదే చెట్టుపై జీవిస్తాయని **మెకార్థర్ (MacArthur)** చూపారు.

పరాన్నజీవులు

- చాలావరకు **నిర్దిష్ట అతిథేయిపైనే (host-specific)** ఆధారపడతాయి; అందువల్ల అతిథేయి, పరాన్నజీవి **సహ పరిణామం (co-evolution)** చెందుతాయి.
- అనుకూలనాలు: అనవసరమైన జ్ఞానేంద్రియాలు కోల్పోవడం, అతుక్కునే అవయవాలు లేదా చూషకాలు, **జీర్ణ వ్యవస్థను కోల్పోవడం**, అధిక ప్రత్యుత్పత్తి సామర్థ్యం.
- **అంతః పరాన్నజీవుల జీవిత చక్రాలు బాహ్య పరాన్నజీవుల వాటి కంటే సంక్లిష్టమైనవి.**
- సంతాన పరాన్నజీవనంలో పరాన్నజీవి గుడ్లు పరిమాణం, రంగులో అతిథేయి గుడ్లను పోలి ఉంటాయి. దీంతో **అతిథేయి వాటిని గుర్తించి బయటకు నెట్టే అవకాశం తగ్గుతుంది.**
- ప్రత్యుత్పత్తికి మన రక్తం అవసరమైనా, **ఆడ దోమను పరాన్నజీవిగా పరిగణించరని** ఎన్‌సీఈఆర్‌టీ పేర్కొంటుంది.

కీలక జాతులు

- **రాబర్ట్ పెయిన్ (Robert Paine)** అమెరికా పసిఫిక్ తీరంలో కంచె వేసిన అంతర వేలాపోటు ప్రాంతం నుంచి పైసాస్టర్ నక్షత్ర చేపలన్నింటినీ తొలగించారు. పరభక్షకి లేకపోవడంతో జాతుల మధ్య పోటీ పెరిగి, ఏడాదిలోపే **10 కంటే ఎక్కువ అకశేరుక జాతులు అంతరించిపోయాయి**.
- ఇతర ఉదాహరణలు: పులులు, తోడేళ్లు (అగ్ర పరభక్షకులు), ఏనుగులు (అడవిని తెరుస్తాయి), అత్తి చెట్లు (ఏడాది పొడవునా పండ్లు).

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "సహభోజకత్వంలో రెండు జాతులూ లాభపడతాయి." ✓ అది **సహోపకారిత**. సహభోజకత్వంలో ఒకటి లాభపడుతుంది, **మరొకదానిపై ఏ ప్రభావమూ ఉండదు**.

✗ "ఒకదానికి హాని, మరొకదానిపై ప్రభావం లేకపోవడం సహభోజకత్వం." ✓ అది **అమెన్సలిజం**.

✗ "అంతః పరాన్నజీవుల జీవిత చక్రాలు బాహ్య పరాన్నజీవుల కంటే సరళమైనవి." ✓ అంతః పరాన్నజీవుల జీవిత చక్రాలు **మరింత సంక్లిష్టమైనవి**.

✗ "లాజిస్టిక్ వక్రం J ఆకారంలో ఉంటుంది." ✓ లాజిస్టిక్ **S ఆకారం (సిగ్మాయిడ్)**; ఘాతాంకం **J ఆకారం**.

✗ "వార్బ్లర్ పక్షులు కలిసి జీవించడాన్ని గాస్ చూపారు." ✓ వార్బ్లర్ల వనరుల విభజనను చూపింది **మెకార్థర్**; గాస్ ఇచ్చింది పోటీ మినహాయింపు సూత్రం.

✗ "లైకెన్ సహభోజకత్వానికి ఉదాహరణ." ✓ లైకెన్ అనేది శిలీంధ్రం, శైవలం లేదా సయనోబాక్టీరియం మధ్య **సహోపకారిత**.

త్వరిత పునశ్చరణ

- జనాభా లక్షణాలు: జనన రేటు, మరణ రేటు, లింగ నిష్పత్తి, వయో పంపిణీ.
- $N_{t+1} = N_t + [(B + I) - (D + E)]$.
- ఘాతాంకం: $dN/dt = rN$ (J ఆకారం). లాజిస్టిక్: $dN/dt = rN(K - N)/K$ (S ఆకారం, వెర్హల్స్ట్–పెర్ల్).
- r: నార్వే ఎలుక 0.015; పిండి పురుగు 0.12; భారత్ 1981 0.0205.
- ఒక్కసారే ప్రత్యుత్పత్తి: పసిఫిక్ సాల్మన్, వెదురు.
- +/+ సహోపకారిత; −/− పోటీ; +/− భక్షణ, పరాన్నజీవనం; +/0 సహభోజకత్వం; −/0 అమెన్సలిజం.
- కాకి గూటిలో కోకిల = సంతాన పరాన్నజీవనం.
- గాస్: పోటీ మినహాయింపు. మెకార్థర్: వార్బ్లర్లు. కానెల్: బార్నకిల్‌లు.
- పైసాస్టర్‌ను తొలగిస్తే → 10 కంటే ఎక్కువ అకశేరుక జాతులు కనుమరుగు: కీలక జాతి.
- ఆస్ట్రేలియాలో నాగజెముడును కాక్టస్ తినే చిమ్మటతో అదుపు చేశారు.

7 భూ బయోమ్‌లు: ఆవరణ లక్షణాలు, అనుకూలనాలు

బయోమ్ అంటే భూమిపై గుర్తించగలిగే అతిపెద్ద మొక్కలు, జంతువుల సమూహం. దీనిని ప్రధానంగా ఉష్ణోగ్రత, వర్షపాతం రూపొందిస్తాయి; అందులోని జాతులు ఆ పరిస్థితులకు తగిన అనుకూలనాలను చూపుతాయి.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **బయోమ్ (biome):** గుర్తించగలిగే అతిపెద్ద మొక్కలు, జంతువుల సమూహం. దీని విస్తరణను ప్రధానంగా **శీతోష్ణస్థితి (climate)**, ముఖ్యంగా **ఉష్ణోగ్రత, అవపాతం (precipitation)** నియంత్రిస్తాయి.
- ప్రధాన భూ బయోమ్‌లు:
  - ఉష్ణమండల వర్షారణ్యం
  - ఉష్ణమండల ఆకురాల్చే (రుతుపవన) అడవి
  - సవన్నా
  - ఎడారి
  - సమశీతోష్ణ గడ్డి భూములు
  - సమశీతోష్ణ ఆకురాల్చే అడవి
  - మధ్యధరా పొదల అడవి (Mediterranean scrub)
  - టైగా (ఉత్తర శృంగాకార అడవి – boreal coniferous forest)
  - టండ్రా
- **ఉష్ణమండల వర్షారణ్యం (tropical rain forest):** ఏడాది పొడవునా వేడి, తేమ; చాలా ఎక్కువ వైవిధ్యం; అనేక అంతస్తుల పందిరి (canopy).
- **సవన్నా (savanna):** అక్కడక్కడ చెట్లు ఉండే ఉష్ణమండల గడ్డిభూమి; మంటలు, పశువుల మేత దీనిని నిలిపి ఉంచుతాయి.
- **ఎడారి:** చాలా తక్కువ వర్షపాతం (సాధారణంగా ఏడాదికి సుమారు 25 సెం.మీ. కంటే తక్కువ); ఎడారి మొక్కలు (జీరోఫైట్‌లు – xerophytes), నీటిని పొదుపు చేసే జంతువులు.
- **టైగా (taiga):** చల్లని ఉత్తర ప్రాంతాల శృంగాకార అడవి; సమశీతోష్ణ అడవికి, టండ్రాకు మధ్య ఉంటుంది.
- **టండ్రా (tundra):** చెట్లు ఉండవు; ఉపరితలం కింద **శాశ్వత హిమభూమి (permafrost)**; లైకెన్‌లు, మాస్‌లు; రెయిన్‌డీర్ (కారిబూ).
- భారత అడవులను **చాంపియన్, సేథ్ (Champion and Seth, 1968) 16 రకాల సమూహాలుగా (type groups)** వర్గీకరించారు.
- భారత్‌లో అత్యధికంగా విస్తరించిన అటవీ రకాల సమూహాలు **ఉష్ణమండల పొడి ఆకురాల్చే**, **ఉష్ణమండల తేమ ఆకురాల్చే** అడవులు.

వివరణ

ప్రధాన బయోమ్‌లు ఒక్క చూపులో

బయోమ్	శీతోష్ణస్థితి	విశిష్ట జీవజాలం
ఉష్ణమండల వర్షారణ్యం	వేడి; ఏడాది పొడవునా భారీ వర్షం	ఎత్తైన సతతహరిత చెట్లు, పెద్ద తీగలు (లయానాలు), ఉపరిమొక్కలు (ఎపిఫైట్‌లు); అమెజాన్, కాంగో, ఆగ్నేయాసియా; భారత్‌లో పశ్చిమ కనుమలు, ఈశాన్యం

బయోమ్	శీతోష్ణస్థితి	విశిష్ట జీవజాలం
ఉష్ణమండల ఆకురాల్చే	వేడి; కాలానుగుణ (రుతుపవనాల) వర్షం	టేకు, సాల్; పొడి కాలంలో చెట్లు ఆకులు రాలుస్తాయి
సవన్నా	వేడి; సుదీర్ఘ పొడి కాలం	గడ్డి, అక్కడక్కడ చెట్లు; ఆఫ్రికాలో పెద్ద పెద్ద మేసే జంతువుల మందలు
ఎడారి	చాలా పొడి; పగలు–రాత్రి ఉష్ణోగ్రతల్లో తీవ్ర వ్యత్యాసం	కాక్టస్‌లు, ముళ్ల పొదలు; కంగారూ ఎలుక, ఒంటె
సమశీతోష్ణ గడ్డి భూములు	చల్లని శీతాకాలం, వెచ్చని వేసవి, మోస్తరు వర్షం	గడ్డి; లోతైన సారవంతమైన నేలలు; ప్రయరీలు, పంపాలు, స్టెప్పీలు, వెల్ద్, డౌన్స్
సమశీతోష్ణ ఆకురాల్చే	నాలుగు రుతువులు	ఓక్, మేపుల్, బీచ్
టైగా	సుదీర్ఘ చల్లని శీతాకాలం, చిన్న వేసవి	స్ప్రూస్, ఫర్, పైన్; మూస్ జింక
టండ్రా	అతి చల్లగా; చిన్న వేసవి	లైకెన్‌లు, మాస్‌లు, మరుగుజ్జు పొదలు; రెయిన్‌డీర్, ఆర్కిటిక్ నక్క

ప్రాంతాల వారీగా సమశీతోష్ణ గడ్డి భూములు

పేరు	ప్రాంతం
ప్రయరీలు	ఉత్తర అమెరికా
పంపాలు	దక్షిణ అమెరికా (అర్జెంటీనా)
స్టెప్పీలు	యూరేషియా
వెల్ద్	దక్షిణాఫ్రికా
డౌన్స్	ఆస్ట్రేలియా

ఎడారి జీవనానికి అనుకూలనాలు

- **మొక్కలు (ఎడారి మొక్కలు):** మందమైన క్యూటికల్; లోపలికి కుంగిన పత్ర రంధ్రాలు (stomata); ముళ్లుగా మారిన ఆకులు; బల్లపరుపు కాండంలో కిరణజన్య సంయోగక్రియ (నాగజెముడు – *Opuntia*); లోతైన లేదా విస్తృతమైన వేర్లు; రాత్రివేళ పత్ర రంధ్రాలు తెరుచుకునే **సీఏఎం (CAM)** కిరణజన్య సంయోగక్రియ.
- **జంతువులు: కంగారూ ఎలుక** కొవ్వును ఆక్సీకరణం చేసి నీటిని పొందుతుంది, చాలా గాఢమైన మూత్రాన్ని విసర్జిస్తుంది; అనేక జంతువులు రాత్రివేళ చురుకుగా ఉంటాయి; ఒంటెలు నీటి నష్టాన్ని తట్టుకుంటాయి.

చలికి అనుకూలనాలు

- **అలెన్ నియమం (Allen's rule):** చల్లని శీతోష్ణస్థితుల్లోని క్షీరదాలకు **చెవులు, అవయవాలు పొట్టిగా** ఉంటాయి; దీనివల్ల ఉష్ణ నష్టం తగ్గుతుంది.
- **బెర్గ్‌మాన్ నియమం (Bergmann's rule):** సంబంధిత జంతువుల సమూహంలో చల్లని శీతోష్ణస్థితుల్లోనివి **పెద్ద శరీరాలు** కలిగి ఉంటాయి. పెద్ద శరీరానికి యూనిట్ ఘనపరిమాణానికి ఉపరితల వైశాల్యం తక్కువ, అందువల్ల అది ఉష్ణాన్ని నెమ్మదిగా కోల్పోతుంది.
- మందమైన బొచ్చు, కొవ్వు పొర (సీల్‌లు), శీతకాల సుప్తావస్థ (hibernation), వలస.

లోతైన విశ్లేషణ

వర్షారణ్యం సుసంపన్నం, కానీ దాని నేల ఎందుకు పేదది

- వెచ్చని, తేమ పరిస్థితులు విచ్ఛిన్నాన్ని వేగవంతం చేస్తాయి. పోషకాలు విడుదలైన వెంటనే మొక్కలు వాటిని గ్రహిస్తాయి. అందుకే చాలా పోషకాలు నేలలో కాకుండా వృక్షసంపదలోనే ఉంటాయి.
- భారీ వర్షం నేలను నిక్షాళనం చేసి పేదగా మారుస్తుంది (చాలా చోట్ల లాటరైట్ నేలగా).
- అందుకే అడవిని నరికేస్తే కొన్నేళ్లలోనే పంటలు విఫలమై భూమి క్షీణిస్తుంది. సుదీర్ఘ బీడు కాలం ఉంటేనే పోడు వ్యవసాయం సాగుతుంది.

భారత అటవీ రకాలు (చాంపియన్, సేథ్)

రకాల సమూహం	వర్షపాతం (సుమారు)	భారత్‌లో ఎక్కడ
ఉష్ణమండల తడి సతతహరిత	250 సెం.మీ. పైన	పశ్చిమ కనుమలు, ఈశాన్యం, అండమాన్ నికోబార్
ఉష్ణమండల తేమ ఆకురాల్చే	100–200 సెం.మీ.	పశ్చిమ కనుమల తూర్పు వాలులు, ఒడిశా, ఝార్ఖండ్, తెరాయ్
ఉష్ణమండల పొడి ఆకురాల్చే	70–100 సెం.మీ.	ద్వీపకల్ప పీఠభూమి, ఆంధ్రప్రదేశ్‌లో చాలా భాగం
ఉష్ణమండల ముళ్ల అడవి	70 సెం.మీ. కంటే తక్కువ	రాజస్థాన్, గుజరాత్, దక్కన్‌లోని పొడి వర్షచ్ఛాయ ప్రాంతాలు
పర్వత సమశీతోష్ణ, ఆల్పైన్	ఎత్తును బట్టి మారుతుంది	హిమాలయాలు, నీలగిరులు

- **విట్టేకర్ బయోమ్ చిత్రం (Whittaker's biome diagram)** బయోమ్‌లను రెండు అక్షాలపై చూపుతుంది: సగటు వార్షిక ఉష్ణోగ్రత, సగటు వార్షిక అవపాతం. మంటలు, నేల, మేత సరిహద్దును మార్చగలవు (ఉదాహరణకు సవన్నా, అడవి మధ్య).
- **ఎత్తు అక్షాంశాన్ని అనుకరిస్తుంది.** హిమాలయ వాలును ఎక్కుతుంటే ఉష్ణమండల, సమశీతోష్ణ, శృంగాకార, ఆల్పైన్ మండలాలు వరుసగా ఎదురవుతాయి; భూమధ్యరేఖ నుంచి ఆర్కిటిక్‌కు ప్రయాణించినట్లే.
- **టండ్రా, టైగా** శాశ్వత హిమభూమిలో పెద్ద మొత్తంలో నేల కర్బనాన్ని నిల్వ చేసుకుంటాయి. అది కరిగితే కార్బన్ డయాక్సైడ్, మీథేన్ విడుదలై భూతాపాన్ని పెంచుతాయి (ENV-BC-02 చూడండి).

ఆంధ్రప్రదేశ్ కోణం

- ఆంధ్రప్రదేశ్ అడవుల్లో ఎక్కువ భాగం **ఉష్ణమండల పొడి ఆకురాల్చే** అడవులు; పొడిగా ఉండే రాయలసీమ జిల్లాల్లో **ఉష్ణమండల ముళ్ల** అడవులు ఉన్నాయి.
- తూర్పు కనుమల్లోని **నల్లమల**, **శేషాచలం** కొండలు ప్రధాన అటవీ ప్రాంతాలు. నల్లమలలోని **నాగార్జునసాగర్–శ్రీశైలం పులుల అభయారణ్యం** విస్తీర్ణం పరంగా భారతదేశంలోనే అతిపెద్ద పులుల సంరక్షణ కేంద్రం.
- **ఎర్రచందనం** (*Pterocarpus santalinus*) దక్షిణ తూర్పు కనుమలకు, ప్రధానంగా ఆంధ్రప్రదేశ్‌లోని శేషాచలం, సమీప కొండలకు **మాత్రమే పరిమితమైన స్థానిక (endemic)** జాతి. ఇది పొడి ఆకురాల్చే అడవి జాతి; ఇప్పుడు అంతరించిపోయే ప్రమాదంలో ఉన్న జాతిగా నమోదైంది; దీని అక్రమ రవాణా పెద్ద సమస్య.
- **శేషాచలం జీవావరణ రిజర్వు** (2010లో ప్రకటించారు) ఈ పొడి ఆకురాల్చే భూదృశ్యాన్ని రక్షిస్తుంది.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "బయోమ్‌ల విస్తరణను ప్రధానంగా నేల నియంత్రిస్తుంది." ✓ ప్రధానంగా **శీతోష్ణస్థితి** (ఉష్ణోగ్రత, వర్షపాతం) నియంత్రిస్తుంది.

✗ "వర్షారణ్య నేలలు చాలా సారవంతమైనవి." ✓ అవి సాధారణంగా **పేద నేలలు**; పోషకాలు వృక్షసంపదలో ఉంటాయి.

✗ "పంపాలు ఆస్ట్రేలియాలో ఉన్నాయి." ✓ పంపాలు **దక్షిణ అమెరికాలో** ఉన్నాయి. ఆస్ట్రేలియాలో **డౌన్స్**; దక్షిణాఫ్రికాలో **వెల్డ్**.

✗ "చల్లని ప్రాంత జంతువులు పెద్దవిగా ఉంటాయని అలెన్ నియమం చెబుతుంది." ✓ అది **బెర్గ్‌మాన్** నియమం. **అలెన్** నియమం **పొట్టి అవయవాలు, చెవుల** గురించి.

✗ "భారత్‌లో అత్యధికంగా విస్తరించిన రకం ఉష్ణమండల సతతహరిత అడవి." ✓ **ఉష్ణమండల పొడి, తేమ ఆకురాల్చే** అడవులే అత్యధికంగా విస్తరించాయి.

త్వరిత పునశ్చరణ

- బయోమ్: అతిపెద్ద జీవ సమూహం; ఉష్ణోగ్రత, వర్షపాతం నియంత్రిస్తాయి.
- వర్షారణ్యం: వేడి, తేమ, వైవిధ్యం, పేద నేల.
- సవన్నా: అక్కడక్కడ చెట్లున్న గడ్డిభూమి; మంటలు దానిని నిలిపి ఉంచుతాయి.
- టైగా = ఉత్తర శృంగాకార అడవులు; టండ్రా = చెట్లు లేవు, శాశ్వత హిమభూమి.
- ప్రయరీలు (ఉత్తర అమెరికా), పంపాలు (దక్షిణ అమెరికా), స్టెప్పీలు (యూరేషియా), వెల్డ్ (దక్షిణాఫ్రికా), డౌన్స్ (ఆస్ట్రేలియా).
- అలెన్ నియమం: చలిలో పొట్టి అవయవాలు; బెర్గ్‌మాన్ నియమం: చలిలో పెద్ద శరీరం.
- ఎడారి మొక్కలు: సీఏఎం, కుంగిన పత్ర రంధ్రాలు, ముళ్లు; కంగారూ ఎలుక జీవక్రియ నీటిని తయారుచేసుకుంటుంది.
- చాంపియన్, సేథ్ (1968): 16 అటవీ రకాల సమూహాలు.
- భారత్‌లో ఆకురాల్చే అడవులు అత్యధికంగా విస్తరించాయి.
- ఎర్రచందనం: ఆంధ్రప్రదేశ్ దక్షిణ తూర్పు కనుమలకు మాత్రమే పరిమితమైన స్థానిక జాతి.

8 జల ఆవరణ వ్యవస్థలు: మంచినీరు, నదీముఖద్వారం, మడ అడవులు, సముద్రం

జల ఆవరణ వ్యవస్థలు మంచినీటి నుంచి ఉప్పునీటి వరకు విస్తరించి ఉంటాయి. నదీముఖద్వారాలు, మడ అడవులు, పగడపు దిబ్బలు అత్యంత ఉత్పాదకత ఉన్నవాటిలో ఉంటాయి; అవి మత్స్య పరిశ్రమకు ఆహారం అందించడమే కాకుండా తీరాలను కూడా రక్షిస్తాయి.

ముఖ్య వాస్తవాలు

- **మంచినీటి ఆవరణ వ్యవస్థలు:**
  - **నిశ్చల జల (lentic):** నిలిచి ఉన్న నీరు; చెరువులు, సరస్సులు, చిత్తడి నేలలు.
  - **ప్రవాహ జల (lotic):** ప్రవహించే నీరు; వాగులు, నదులు.
- **జీవన విధానాన్ని బట్టి జలజీవులు:**
  - **ప్లవకాలు (plankton):** నీటితో పాటు కొట్టుకుపోతాయి. **వృక్ష ప్లవకాలు (phytoplankton)** ఉత్పత్తిదారులు; **జంతు ప్లవకాలు (zooplankton)** వినియోగదారులు.
  - **నెక్టాన్ (nekton):** చేపలు, తిమింగలాల వంటి బలంగా ఈదగలిగే జీవులు.
  - **బెంథాస్ (benthos – అడుగు జీవులు):** నత్తలు, పురుగులు, పీతల వంటి అడుగు భాగంపై లేదా అందులో జీవించేవి.
  - **న్యూస్టన్ (neuston):** నీటి ఉపరితల పొరపై జీవించేవి.
- **నదీముఖద్వారం (estuary):** నది సముద్రంలో కలిసే చోటు; అక్కడి నీరు **ఉప్పు కలిసిన నీరు (brackish)** (మంచినీరు, ఉప్పునీటి మిశ్రమం). నదీముఖద్వారాలు **అత్యంత ఉత్పాదకత** ఉన్న ఆవరణ వ్యవస్థల్లో ఒకటి; చేపలు, రొయ్యలు పెరిగే నర్సరీలు.
- **మడ అడవులు (mangroves):** ఉష్ణమండల, ఉపఉష్ణమండల ఆటుపోటు తీరాల్లో ఉప్పును తట్టుకునే చెట్లు, పొదలు.
- **సుందర్బన్స్** (గంగ–బ్రహ్మపుత్ర డెల్టా; భారత్, బంగ్లాదేశ్ పంచుకుంటాయి) **ప్రపంచంలోనే అతిపెద్ద మడ అడవి**.
- **భారత్‌లో మడ అడవుల విస్తీర్ణం:** సుమారు **4,990 చ.కి.మీ.**, దేశ విస్తీర్ణంలో దాదాపు **0.15%** (ఐఎస్ఎఫ్ఆర్ – ISFR 2021, 2023 నివేదికలు). **పశ్చిమ బెంగాల్‌**లో అత్యధికం, తర్వాత **గుజరాత్**, తర్వాత **అండమాన్ నికోబార్ దీవులు**.
- భారత్‌లో **పగడపు దిబ్బలు (coral reefs)**: **మన్నార్ సింధుశాఖ, కచ్ సింధుశాఖ, లక్షద్వీప్, అండమాన్ నికోబార్ దీవులు**.
- మడ అడవులు **బలమైన గాలులను, అలలను నెమ్మదింపజేస్తాయి**. అందుకే చక్రవాతాలు, సునామీల నుంచి తీర ప్రజలను రక్షిస్తాయి.

వివరణ

సరస్సులోని మండలాలు

మండలం	ఎక్కడ	జీవజాలం
తీరస్థ (littoral)	ఒడ్డుకు దగ్గరలో లోతు తక్కువ నీరు; కాంతి అడుగు వరకు చేరుతుంది	వేళ్లూనిన మొక్కలు, అనేక జంతువులు
లిమ్నెటిక్ (limnetic)	ఒడ్డుకు దూరంగా, సూర్యకాంతి పడే బహిరంగ ఉపరితల నీరు	వృక్ష ప్లవకాలు, జంతు ప్లవకాలు, చేపలు

మండలం	ఎక్కడ	జీవజాలం
ప్రొఫండల్ (profundal)	కాంతి చొచ్చుకుపోయే లోతు కంటే కింద ఉన్న లోతైన నీరు	కొన్ని జీవులే; విచ్ఛిన్నకారులు
బెంథిక్ (benthic)	అన్ని లోతుల్లో అడుగు భాగం	అడుగున నివసించే జీవులు, విచ్ఛిన్నకారులు

పోషకాల స్థాయిని బట్టి సరస్సులు

- **అల్పపోషక (oligotrophic):** పోషకాలు తక్కువ, స్వచ్ఛమైన నీరు, ఆక్సిజన్ ఎక్కువ, ఉత్పాదకత తక్కువ (లోతైన పర్వత సరస్సులు).
- **సుపోషక (eutrophic):** పోషకాలు ఎక్కువ, పచ్చని నీరు, ఉత్పాదకత ఎక్కువ, అడుగు దగ్గర ఆక్సిజన్ కొరత.
- **సుపోషణం (eutrophication)** అంటే పోషకాలు పెరగడం వల్ల సరస్సు వృద్ధాప్యం చెందడం. ఇది సహజమే కానీ నెమ్మదిగా జరుగుతుంది; ఎరువులు, మురుగునీటి ప్రవాహాలు (నైట్రేట్‌లు, ఫాస్ఫేట్‌లు) దీనిని వేగవంతం చేస్తాయి ("మానవ కారక సుపోషణం – cultural eutrophication"). దీనివల్ల శైవల వికాసాలు (algal blooms), ఆక్సిజన్ కొరత, చేపల మరణాలు సంభవిస్తాయి.

మడ అడవుల అనుకూలనాలు

- **శ్వాస వేర్లు (pneumatophores):** బురదలో ఆక్సిజన్ లేనందువల్ల గాలిని గ్రహించడానికి బురద నుంచి పైకి పెరిగే వేర్లు.
- **వివిపారీ (vivipary):** విత్తనాలు చెట్టుపై ఉండగానే మొలకెత్తుతాయి; మొలక వేళ్లూనడానికి సిద్ధంగా కిందపడుతుంది.
- **ఊత వేర్లు (stilt or prop roots)** మెత్తని బురదలో ఆధారాన్నిస్తాయి.
- **ఉప్పు నిర్వహణ:** చాలా జాతులు వేర్ల వద్దే ఉప్పును అడ్డుకుంటాయి లేదా ఆకుల్లోని గ్రంథుల ద్వారా విసర్జిస్తాయి.

సముద్ర మండలాలు

- కాంతిని బట్టి: **కాంతి మండలం (photic)** (సూర్యకాంతి పడే, కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరిగే భాగం, సుమారు పై 200 మీ.), **అంధకార మండలం (aphotic)** (చీకటి).
- స్థానాన్ని బట్టి: **అంతర వేలాపోటు (intertidal)** (అధిక, అల్ప వేలాపోటుల మధ్య), **నెరిటిక్ (neritic)** (ఖండ అంచుపై), **సముద్రాంతర (oceanic)** (ఖండ అంచు దాటిన బహిరంగ మహాసముద్రం).
- ఆవాసాన్ని బట్టి: **పెలాజిక్ (pelagic)** (బహిరంగ నీరు), **బెంథిక్** (సముద్ర అడుగు భాగం).

లోతైన విశ్లేషణ

లోతైన సమశీతోష్ణ సరస్సుల్లో ఉష్ణ స్తరీకరణ (thermal stratification)

- వేసవిలో సరస్సు మూడు పొరలుగా ఏర్పడుతుంది:
  - **ఎపిలిమ్నియన్ (epilimnion):** వెచ్చని పై పొర
  - **థర్మోక్లైన్ (మెటాలిమ్నియన్ – metalimnion):** లోతుకు వెళ్లేకొద్దీ ఉష్ణోగ్రత వేగంగా పడిపోయే పొర
  - **హైపోలిమ్నియన్ (hypolimnion):** చల్లని అడుగు పొర
- శరదృతువు, వసంత రుతువుల్లో ఉపరితల నీరు సుమారు **4 °C** వరకు చల్లబడుతుంది లేదా వేడెక్కుతుంది; ఈ ఉష్ణోగ్రత వద్దే మంచినీటి సాంద్రత అత్యధికం. అప్పుడు అది కిందికి దిగుతుంది, సరస్సు నీరు కలిసిపోతుంది (**జల మిశ్రణం – turnover**). దీంతో ఆక్సిజన్ కిందికి, పోషకాలు పైకి చేరతాయి.
- నీటి సాంద్రత సుమారు 4 °C వద్ద అత్యధికం, మంచు తేలుతుంది. దీనివల్ల సరస్సులు పూర్తిగా గడ్డకట్టవు; మంచు కింద జీవం మనుగడ సాగిస్తుంది.

నదీముఖద్వారాలు, మడ అడవులు ఎందుకంత ఉత్పాదకమైనవి

- నదులు పోషకాలను తెస్తాయి; వేలాపోటులు వాటిని కలుపుతాయి; లోతు తక్కువ నీటిలో కాంతి అడుగు వరకు చేరుతుంది.
- మడ అడవుల్లో రాలిన ఆకులు సుసంపన్నమైన **డెట్రిటస్ ఆహార గొలుసును** పోషిస్తాయి (ENV-EC-03 చూడండి).
- అవి అవక్షేపాన్ని పట్టి ఉంచి తీర రేఖలను స్థిరపరుస్తాయి.
- అవి తమ నేలల్లో భారీ మొత్తంలో **నీలి కర్బనాన్ని (blue carbon)** నిల్వ చేస్తాయి.

పగడపు దిబ్బలు

- ప్రవాళాలు (corals) కాల్షియం కార్బొనేట్ అస్థిపంజరాలను నిర్మించే అతి చిన్న జంతువుల (పాలిప్‌లు – polyps) కాలనీలు.
- అవి **జూజాంతెల్లే (zooxanthellae)** అనే శైవలాలతో **సహోపకారిత (mutualism)** సంబంధంలో జీవిస్తాయి. ఈ శైవలాలు ప్రవాళాల కణజాలాల్లో నివసిస్తూ కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరిపి ఆహారాన్ని అందిస్తాయి. ప్రవాళాలకు చాలావరకు రంగు కూడా ఈ శైవలాల వల్లే వస్తుంది.
- దిబ్బలకు వెచ్చని, స్వచ్ఛమైన, లోతు తక్కువ, సూర్యకాంతి పడే నీరు అవసరం.
- **ప్రవాళాల విరంజనం (coral bleaching):** ఉష్ణ ఒత్తిడికి గురైనప్పుడు ప్రవాళాలు జూజాంతెల్లేను బయటకు పంపి తెల్లగా మారతాయి. దీర్ఘకాలం లేదా పదేపదే జరిగే విరంజనం వాటిని చంపేస్తుంది. సముద్ర ఆమ్లీకరణ కూడా వాటి అస్థిపంజరాలను బలహీనపరుస్తుంది.
- దిబ్బల రకాలు: **అంచు దిబ్బ (fringing)** (తీరానికి దగ్గరగా), **అవరోధ దిబ్బ (barrier)** (తీరం నుంచి లగూన్‌తో వేరుపడినది), **అటాల్ (atoll)** (లగూన్ చుట్టూ ఉంగరంలా; **లక్షద్వీప్**‌లో వలె).

లోతైన సముద్రపు జలతాప బిలాలు (hydrothermal vents). అక్కడి బాక్టీరియా హైడ్రోజన్ సల్ఫైడ్‌ను ఉపయోగించి **రసాయన సంశ్లేషణ (chemosynthesis)** ద్వారా ఆహారాన్ని తయారుచేస్తాయి. సూర్యకాంతి లేకుండానే అవి గొట్టపు పురుగులు, ఆల్చిప్పలు, పీతలను పోషిస్తాయి.

ఆంధ్రప్రదేశ్ కోణం

- **కోరింగ వన్యప్రాణి అభయారణ్యం** (కాకినాడ జిల్లా) **గోదావరి** నదీముఖద్వారంలోని మడ అడవులను రక్షిస్తుంది; ఇది భారత తూర్పు తీరంలోని అతిపెద్ద మడ అడవుల విస్తరణల్లో ఒకటి.
- **కృష్ణా వన్యప్రాణుల అభయారణ్యం కృష్ణా** నదీముఖద్వారంలోని మడ అడవులను రక్షిస్తుంది.
- ఆంధ్రప్రదేశ్, తమిళనాడు పంచుకునే **పులికాట్ సరస్సు**, **చిలికా** తర్వాత భారతదేశంలో **రెండో అతిపెద్ద ఉప్పు కలిసిన నీటి లగూన్**. ఈ లగూన్‌కు, సముద్రానికి మధ్య శ్రీహరికోట దీవి ఉంది.
- గోదావరి, కృష్ణా డెల్టాల మధ్య ఉన్న **కొల్లేరు సరస్సు** భారతదేశంలోని అతిపెద్ద సహజ **మంచినీటి** సరస్సుల్లో ఒకటి. దీనిని **2002లో రామ్‌సర్ ప్రదేశంగా** ప్రకటించారు. పెద్ద భాగాలను చేపల చెరువులుగా మార్చారు; సరస్సును పునరుద్ధరించడానికి ప్రభుత్వం 2006లో వాటిలో చాలా వాటిని ధ్వంసం చేసింది.

తరచూ చేసే పొరపాట్లు

✗ "నిశ్చల జల (lentic) అంటే ప్రవహించే నీరు." ✓ **నిశ్చల జల = నిలిచిన నీరు** (చెరువులు, సరస్సులు); **ప్రవాహ జల = ప్రవహించే నీరు** (నదులు).

✗ "నెక్టాన్ నీటితో పాటు కొట్టుకుపోతాయి." ✓ **ప్లవకాలు** కొట్టుకుపోతాయి; **నెక్టాన్** చురుకుగా ఈదుతాయి.

✗ "పులికాట్ భారతదేశంలో అతిపెద్ద ఉప్పు కలిసిన నీటి లగూన్." ✓ **చిలికా** (ఒడిశా) అతిపెద్దది; **పులికాట్** రెండోది.

✗ "కొల్లేరు ఉప్పు కలిసిన నీటి లగూన్." ✓ కొల్లేరు **మంచినీటి** సరస్సు; **2002** నుంచి రామ్‌సర్ ప్రదేశం.

✗ "భారతదేశంలో మడ అడవుల విస్తీర్ణం అత్యధికంగా గుజరాత్‌లో ఉంది." ✓ **పశ్చిమ బెంగాల్**లో అత్యధికం; గుజరాత్ రెండో స్థానం.

✗ "ప్రవాళాలు కిరణజన్య సంయోగక్రియ ద్వారా తమ ఆహారాన్ని తామే తయారుచేసుకుంటాయి." ✓ వాటి భాగస్వామి శైవలాలైన **జూజాంతెల్లే** తయారుచేస్తాయి; ప్రవాళాలు జంతువులు.

త్వరిత పునశ్చరణ

- నిశ్చల జల = నిలిచిన నీరు; ప్రవాహ జల = ప్రవహించే నీరు.
- ప్లవకాలు కొట్టుకుపోతాయి, నెక్టాన్ ఈదుతాయి, బెంథాస్ అడుగున జీవిస్తాయి.
- సరస్సు మండలాలు: తీరస్థ, లిమ్నెటిక్, ప్రొఫండల్, బెంథిక్.
- వెచ్చని ఎపిలిమ్నియన్‌ను చల్లని హైపోలిమ్నియన్ నుంచి థర్మోక్లైన్ వేరు చేస్తుంది.
- నదీముఖద్వారం: ఉప్పు కలిసిన నీరు, అధిక ఉత్పాదకత, చేపల నర్సరీ.
- సుందర్బన్స్: ప్రపంచంలోనే అతిపెద్ద మడ అడవి.
- భారత మడ అడవులు: సుమారు 4,990 చ.కి.మీ. (ఐఎస్ఎఫ్ఆర్ 2021/2023); పశ్చిమ బెంగాల్ > గుజరాత్ > అండమాన్ నికోబార్.
- మడ అడవుల లక్షణాలు: శ్వాస వేర్లు, వివిపారీ, ఉప్పు నియంత్రణ.
- ప్రవాళాలు + జూజాంతెల్లే = సహోపకారిత; ఉష్ణం విరంజనానికి కారణం.
- ఆంధ్రప్రదేశ్: కోరింగ (గోదావరి), కృష్ణా వన్యప్రాణుల అభయారణ్యం, పులికాట్ (2వ ఉప్పు కలిసిన నీటి లగూన్), కొల్లేరు (రామ్‌సర్ 2002).