தாவர தீர்வு முறையில் சுற்றுச்சூழல் மாசுநீக்கம்

முனைவர் கு.க. கவிதா
இணைப் பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
சுற்றுச் சூழல் மற்றும் மூலிகை அறிவியல் துறை
தமிழ் பல்கலைக்கழகம் தஞ்சாவூர் 613010.

சுற்றுச்சூழல் என்பது நம்மை சுற்றியுள்ள உயிருள்ள மற்றும் உயிரற்ற காரணிகளின் ஒன்றை ஒன்று சார்ந்த அமைப்பே அகும். புவியின் சுற்றுச்சூழல் சமநிலையில் மாற்றம் மற்றும் உயிருள்ள, உயிரற்ற காரணிகளில் மாறுபாடு அதனால் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் கொண்டே சுற்றுச்சூழல் பாதிப்பு அடைகிறது.

சுற்றுச்சூழல் இயற்கையாகவும், மனித செயல்பாடுகளால் பல்வேறு வகையில் பாதிப்பு அடைகிறது. சுற்றுச்சூழல் பாதிப்புகளில் மிக முக்கியமானது சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு ஆகும். சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு என்பது இயற்கைக்கு புறம்பாக அல்லது தேவையில்லா இயற்பியல், வேதியியல் மற்றும் உயிரியல் மாற்றத்தினால் சுற்றுச்சூழல் அதாவது நீர், நிலம், காற்று மற்றும் உயிரினங்களாகிய தாவரங்கள், விலங்குகள் மற்றும் நுண்ணுயிரிகளுக்கு கேடு உண்டாவதையே சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு என்கிறோம் (Schnoor, 2002).

சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடுக்கான தீர்வுமுறைகள் பல வகைகள் உண்டு. அவை இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல் முறைகளில் நீர், நிலம், காற்றில் ஏற்பட்டுள்ள விரும்பத்தகாத மற்றும் சுற்றுச்சூழலுக்கு கேடு விளைவிக்கும் காரணிகளை சரி செய்வதே ஆகும்.

அதில் மிகவும் எளிமையான மற்றும் இயற்கையான முறை என்பது உயிரியல் தீர்வு முறை (உயிரித்தீர்வு) ஆகும். உயிரித் தீர்வு என்பது உயிரினங்களால் தாவர, விலங்கு மற்றும் நுண்ணுயிர்களைக் கொண்டும் அவற்றின் விளைபொருட்கள், பகுதிகள், எச்சங்களைப் பயன்படுத்தி சுற்றுச்சூழல் மாசுக்களை அகற்ற, குறைக்க, விளைவுகளை கட்டுப்படுத்த தீர்வுகாணும் முறையே உயிரித்தீர்வு ஆகும்.

உயிரித் தீர்வு முறையில் உட்பிரிவாக தாவரங்கள், தாவரப் பொருட்கள் அதன் கழிவுகளைக் கொண்டு மாசுக்களை நீக்க அல்லது குறைக்க பயன்படுத்தும் முறையே தாவரத்தீர்வு முறையாகும்.

தாவரத் தீர்வு முறை (Phytoremediation)

தாவரங்களைப் பயன்படுத்தி மண், நீர், காற்று போன்ற சுற்றுச்சூழல் கூறுகளில் உள்ள மாசுக்களை அகற்றும் அல்லது குறைக்கும் முறையே **தாவரத் தீர்வு முறை (Phytoremediation)** ஆகும். இது குறைந்த செலவு, இயற்கை நட்பு மற்றும் நிலையான சுற்றுச்சூழல் தீர்வாகும் (McCutcheon & Schnoor, 2003).

தாவரத் தீர்வு முறையின் வரலாறு மற்றும் வளர்ச்சி

சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு இன்று உலகளவில் மனித சமுதாயம் எதிர்கொள்ளும் முக்கியமான பிரச்சினையாகும். தாவரத் தீர்வு முறை குறைந்த செலவு, சுற்றுச்சூழல் நட்பு மற்றும் நிலையான தொழில்நுட்பமாகும். தாவரங்கள் மற்றும் நுண்ணுயிர்களின் கூட்டு செயல்பாடு மூலம் மண் மற்றும் நீர் மாசுபாட்டை குறைக்க முடியும் (Raskin & Ensley, 2000). உயிரியல் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்களுடன் இணைந்து எதிர்காலத்தில் தாவரத் தீர்வு முறை சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பிற்கான முக்கியமான தீர்வாக விளங்கும் (Prasad, 2007).

தாவரங்களின் மாசு நீக்கும் திறன் குறித்த ஆராய்ச்சிகள் 20-ஆம் நூற்றாண்டில் தொடங்கின. காலப்போக்கில் அறிவியல் முன்னேற்றங்களால் இந்த முறை நடைமுறையில் பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது (Salt et al., 1995).

2. தாவரத் தீர்வு முறையின் வரலாறு மற்றும் வளர்ச்சி

2.1 தொடக்க காலக் கருத்துகள்

மாசடைந்த மண் மற்றும் நீரை சுத்தப்படுத்த தாவரங்களைப் பயன்படுத்தும் எண்ணம் பழமையானது. விவசாயிகள் சில தாவரங்கள் மண்ணின் தரத்தை மேம்படுத்துகின்றன என்பதை அனுபவத்தின் மூலம் அறிந்திருந்தனர். ஆனால் இது அறிவியல் ரீதியாக விளக்கப்படவில்லை.

2.2 அறிவியல் அடிப்படை உருவாக்கம்

19-ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் மற்றும் 20-ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் தாவரங்கள் கன உலோகங்கள் மற்றும் வேதிப்பொருட்களை உறிஞ்சும் திறன் கொண்டவை என்பதை அறிவியலாளர்கள் கண்டறிந்தனர். இதன் மூலம் தாவரங்களின் உயிரியல் செயல்முறைகள் மீது ஆராய்ச்சிகள் தொடங்கின.

2.3 ‘Phytoremediation’ என்ற சொல் பயன்பாடு

1980–1990 காலகட்டத்தில் சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு உலகளாவிய பிரச்சினையாக மாறியபோது, தாவரங்களைப் பயன்படுத்திய மாசு நீக்க முறைகள் அதிக கவனம் பெற்றன (Raskin & Ensley, 2000). இதன் விளைவாக Phytoremediation (தாவரத் தீர்வு முறை) என்ற சொல் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது.

2.4 தொழில்நுட்ப வளர்ச்சி

1990-களுக்குப் பிறகு உயிர்தொழில்நுட்பம், மரபணு பொறியியல் மற்றும் நுண்ணுயிரியல் வளர்ச்சியுடன் தாவரத் தீர்வு முறையின் திறன் மேம்படுத்தப்பட்டது(Prasad, 2007). குறிப்பிட்ட மாசுக்களை அதிகமாக உறிஞ்சும் தாவரங்கள் (Hyperaccumulator plants) கண்டறியப்பட்டன.

2.5 நவீன கால வளர்ச்சி

இன்றைய காலத்தில் தாவரத் தீர்வு முறை குறைந்த செலவு மற்றும் சுற்றுச்சூழல் நட்பு தீர்வாக பல நாடுகளில் நடைமுறைப்படுத்தப்படுகிறது. தொழிற்சாலை கழிவுகள், சுரங்கப் பகுதிகள், எண்ணெய் மாசுபட்ட நிலங்கள் போன்ற இடங்களில் இந்த முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2.6 எதிர்கால வளர்ச்சி நோக்கு

எதிர்காலத்தில் மரபணு மாற்றம் செய்யப்பட்ட தாவரங்கள், நுண்ணுயிர்–தாவர இணைப்பு (Plant–Microbe interaction) போன்ற புதிய தொழில்நுட்பங்கள் தாவரத் தீர்வு முறையை மேலும் பயனுள்ளதாக மாற்றும்.

3. தாவரத் தீர்வு முறையின் அடிப்படை கொள்கைகள்

- தாவரங்கள் மாசுக்களை உறிஞ்சுதல்
- மாசுக்களை மாற்றுதல் அல்லது சிதைத்தல்
- மாசுக்களை நிலைப்படுத்துதல்
- கள் மாசுக்களை அகற்றவும், மாற்றவும் அல்லது நிலைப்படுத்தவும் செய்கின்றன.

3.1 மாசு உறிஞ்சும் கொள்கை (Absorption Principle)

- தாவரங்கள் தங்கள் வேர்கள் மூலம் மண்ணிலும் நீரிலும் உள்ள மாசுக்களை உறிஞ்சுகின்றன (Salt et al., 1995). இந்த மாசுக்கள் தாவரத்தின் தண்டு, இலை மற்றும் பிற பகுதிகளுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன.

3.2 மாசு மாற்றும் கொள்கை (Transformation Principle)

- உறிஞ்சப்பட்ட மாசுக்கள் தாவரத்தின் உயிரியல் மற்றும் இரசாயன செயல்முறைகளால் குறைந்த தீங்கு விளைவிக்கும் பொருட்களாக மாற்றப்படுகின்றன (Willey, 2016). சில சமயம் அவை முழுமையாக சிதைக்கப்படுகின்றன.

3.3 மாசு நிலைப்படுத்தும் கொள்கை (Stabilization Principle)

- சில தாவரங்கள் மாசுக்களை மண்ணில் நிலைப்படுத்தி, அவை நீர் அல்லது காற்று வழியாக பரவாமல் தடுக்கும். இதனால் சுற்றுச்சூழல் பாதிப்பு குறைகிறது.

3.4 மாசு ஆவியாக்கம் கொள்கை (Volatilization Principle)

- சில தாவரங்கள் குறிப்பிட்ட மாசுக்களை வாயுவாக மாற்றி, இலைகள் மூலம் வளிமண்டலத்திற்குள் வெளியிடுகின்றன. இது கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அளவில் நடைபெறும்.

3.5 தாவர–நுண்ணுயிர் இணைச் செயல்பாடு

- தாவர வேர்களைச் சுற்றியுள்ள நுண்ணுயிர்கள் (Microorganisms) மாசுக்களை சிதைக்க உதவுகின்றன (Glick, 2010).தாவரங்களும் நுண்ணுயிர்களும் ஒன்றோடொன்று இணைந்து செயல்படுவது தாவரத் தீர்வு முறையின் முக்கிய கொள்கையாகும்.

3.6 சூழல் காரணிகளின் தாக்கம்

- மண் வகை, ஈரப்பதம், வெப்பநிலை, pH மதிப்பு போன்ற சூழல் காரணிகள் தாவரத் தீர்வு முறையின் செயல்திறனை தீர்மானிக்கின்றன.

4: தாவரத் தீர்வு முறையின் வகைகள்

மண், நீர் மற்றும் காற்றில் உள்ள மாசுகளை நீக்க அல்லது குறைக்க தாவரங்களை பயன்படுத்தும் சுற்றுச்சூழல் நட்பு தொழில்நுட்பமே **தாவரத் தீர்வு முறை.** மாசுபாட்டு தன்மை, மண் அமைப்பு, தாவர வகை போன்ற காரணிகளின் அடிப்படையில் தாவரத் தீர்வு முறை பல வகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

4.2 தாவர அகற்றல் (Phytoextraction)

வரையறை: மாசுகள் (கன உலோகங்கள் போன்றவை) மண்ணிலிருந்து தாவரங்களின் வேர்கள் மூலம் உறிஞ்சி, தண்டுகள் மற்றும் இலைகளில் சேமிக்கப்படுகின்றன(Salt et al., 1995 .

செயல்முறை:

- வேர்கள் மூலம் உலோக அயன்கள் உறிஞ்சுதல்
- தாவர உடலில் மேல்நோக்கி கடத்தல்
- அறுவடை செய்து பாதுகாப்பாக அகற்றல்

பயன்பாடுகள்:

- கட்மியம், சீசம், நிக்கல், துத்தநாகம் போன்ற கன உலோகங்கள்

உதாரண தாவரங்கள்:

- சூரியகாந்தி, இந்திய கடுகு (Brassica juncea)

4.3 தாவர நிலைநிறுத்தம் (Phytostabilization)

வரையறை: மாசுகளை அகற்றாமல், அவை பரவாமல் தாவரங்கள் மூலம் நிலைநிறுத்தும் முறை (Willey, 2016).

செயல்முறை:

- மாசுகளை வேர்பகுதியில் கட்டுப்படுத்தல்
- மண் அரிப்பு மற்றும் தூசி பரவலைத் தடுக்கல்

பயன்பாடுகள்:

- கன உலோகங்கள் கலந்த மண் பகுதிகள்

நன்மைகள்:

- குறைந்த செலவு
- உடனடி சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பு

4.4 தாவர ஆவியாக்கம் (Phytovolatilization)

வரையறை: மாசுகளை உறிஞ்சி, அவற்றை ஆவியாக்கி வளிமண்டலத்திற்கு வெளியேற்றும் முறை.

செயல்முறை:

- மாசு உறிஞ்சுதல்
- வேதியியல் மாற்றம்
- ஆவியாக்கம்

பயன்பாடுகள்:

- பாதரசம் (Mercury), செலினியம் (Selenium)

உதாரண தாவரங்கள்:

- பாப்பிள் மரம், கடுகு வகைகள்

4.5 தாவர வடிகட்டல் (Rhizofiltration)

வரையறை: நீரில் கரைந்துள்ள மாசுகளை தாவர வேர்கள் மூலம் உறிஞ்சி நீக்கும் முறை (EPA, 2000).

செயல்முறை:

- நீரில் வளர்க்கப்பட்ட தாவரங்கள்
- வேர்களில் மாசுகள் சேர்ப்பு

பயன்பாடுகள்:

- தொழிற்சாலை கழிவுநீர்
- குடிநீர் மாசுபாடு

உதாரண தாவரங்கள்:

- சூரியகாந்தி, நீர்த்தாவரங்கள்

4.6 தாவர சிதைவு (Phytodegradation)

தாவரங்களில் உள்ள என்சைம்கள் கரிம மாசுக்களை சிதைத்து குறைந்த நச்சுத்தன்மை கொண்ட பொருட்களாக மாற்றுகின்றன (Schnoor, 2002).

வரையறை: தாவரங்களில் உள்ள என்சைம்கள் மூலம் கரிம மாசுகளை சிதைக்கும் முறை.

செயல்முறை:

- மாசு உறிஞ்சுதல்
- என்சைம்களால் உடைத்தல்

பயன்பாடுகள்:

- பூச்சிக்கொல்லிகள், பெட்ரோலியம் சேர்மங்கள்

உதாரண தாவரங்கள்:

- பாப்பிள், வில்லோ மரங்கள்

4.7 ரைசோசிதைவு (Rhizodegradation)

வரையறை: தாவர வேர்பகுதியைச் சுற்றியுள்ள நுண்ணுயிர்கள் மூலம் மாசுகளை சிதைக்கும் முறை.

செயல்முறை:

- வேர்சுரப்புகள் நுண்ணுயிர்களை தூண்டும்
- மாசுகள் உயிரியல் முறையில் சிதைவு

பயன்பாடுகள்:

- ஹைட்ரோகார்பன்கள், கரிம மாசுகள்

4.8 ஒப்பீட்டு அட்டவணை (சுருக்கம்)

தாவரத் தீர்வு முறை	**மாசு வகை**	**முக்கிய பயன்பாடு**
தாவர அகற்றல்	கன உலோகங்கள்	மண் சுத்திகரிப்பு
தாவர நிலைநிறுத்தம்	கன உலோகங்கள்	பரவல் கட்டுப்பாடு
தாவர ஆவியாக்கம்	பாதரசம்	வளிமண்டல வெளியேற்றம்
தாவர வடிகட்டல்	நீர் மாசுகள்	நீர் சுத்திகரிப்பு
தாவர சிதைவு	கரிம மாசுகள்	உயிரியல் சுத்திகரிப்பு
ரைசோசிதைவு	கரிம மாசுகள்	மண் சுத்திகரிப்பு

தாவரத் தீர்வு முறையின் வகைகள், குறைந்த செலவு, சுற்றுச்சூழல் நட்பு மற்றும் நீடித்த தீர்வுகளை வழங்குகின்றன. மாசுபாட்டு தன்மைக்கு ஏற்ப சரியான முறையைத் தேர்வு செய்வது முக்கியமானதாகும்.

5.3 தாவரத் தீர்வு முறையில் பயன்படுத்தப்படும் தாவரங்கள்

5.3.1 கன உலோக மாசுகளுக்கான தாவரங்கள்

- இந்திய கடுகு (Brassica juncea)

- சூரியகாந்தி
- வெட்டிவேர் (Vetiver)

5.3.2 கரிம மாசுகளுக்கான தாவரங்கள்

- பாப்பிள் (Poplar)
- வில்லோ (Willow)

5.3.3 நீர் மாசுகளுக்கான தாவரங்கள்

- தாமரை
- வாட்டர் ஹயாசின்த் (Water hyacinth)

6. தாவரத் தீர்வு முறையில் மரபணு பொறியியல்

மரபணு பொறியியல் என்பது ஒரு உயிரினத்தின் மரபணுக்களை மாற்றி, அதன் செயல்திறனை மேம்படுத்தும் நுட்பமாகும். தாவரத் தீர்வு முறையில், மாசுகளை அதிகமாக உறிஞ்சி அல்லது சிதைக்கும் திறன் கொண்ட தாவரங்களை உருவாக்க இது பயன்படுகிறது.

மரபணு பொறியியல் மூலம் தாவரங்களின் மாசு உறிஞ்சும் திறனை அதிகரிக்க முடியும். குறிப்பாக கன உலோகங்களை அதிக அளவில் உறிஞ்சும் திறன் கொண்ட மரபணு மாற்றிய தாவரங்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன (Bauddh & Singh, 2015).

6.1 மரபணு பொறியியல் மூலம் தாவரத் தீர்வு மேம்பாடு

கன உலோக உறிஞ்சல் அதிகரிப்பு

- உலோகத்தை பிணைக்கும் (Metal-binding) மரபணுக்கள் சேர்த்தல்

மாசு சகிப்புத்தன்மை அதிகரிப்பு

- நச்சுத்தன்மையை தாங்கும் மரபணுக்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன

வேர் வளர்ச்சி மேம்பாடு

- ஆழமான வேர் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கும் மரபணு மாற்றங்கள்

கரிம மாசு சிதைவு திறன்

- என்சைம்கள் உற்பத்தி செய்யும் மரபணுக்கள் சேர்த்தல்

6.2. மரபணு மாற்றிய தாவரங்கள் – உதாரணங்கள்

- மரபணு மாற்றிய பாப்பிள் → பெட்ரோலியம் மாசு சிதைவு
- மரபணு மாற்றிய அரபிடாப்சிஸ் → கன உலோக உறிஞ்சல்

6.3 மரபணு பொறியியல் பயன்பாட்டின் நன்மைகள்

- அதிக செயல்திறன்
- குறைந்த காலத்தில் மாசு நீக்கம்
- கடுமையான மாசுபாடுகளுக்கும் தீர்வு

6.4 சவால்கள் மற்றும் கட்டுப்பாடுகள்

- மரபணு மாற்றிய தாவரங்கள் சுற்றுச்சூழலில் பரவுதல்
- நெறிமுறை மற்றும் சட்ட கட்டுப்பாடுகள்
- பொதுமக்களின் ஏற்றுக்கொள்ளல்

6.5 எதிர்கால வாய்ப்புகள்

உயிரியல் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்களுடன், தாவரத் தீர்வு முறையில் மரபணு பொறியியல் முக்கிய பங்கு வகிக்கும். இது சுற்றுச்சூழல் மாசுபாட்டிற்கு நீடித்த மற்றும் சக்திவாய்ந்த தீர்வுகளை வழங்கும்.

முடிவுரை

சுற்றுச்சூழல் மாசுபாடு இன்று உலகளாவிய அளவில் மனித சமுதாயம் எதிர்கொள்ளும் மிக முக்கியமான பிரச்சினையாக உள்ளது. தொழில்துறை வளர்ச்சி, நகர்மயமாக்கல் மற்றும் மனித செயல்பாடுகள் காரணமாக மண், நீர் மற்றும் காற்று ஆகியவை பெருமளவில் மாசுபடுகின்றன. இந்த மாசுபாட்டை கட்டுப்படுத்த பல்வேறு இயற்பியல் மற்றும் வேதியியல் முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டாலும், அவை அதிக செலவு மற்றும் சுற்றுச்சூழலுக்கு கூடுதல் பாதிப்புகளை ஏற்படுத்தும் வாய்ப்பு உள்ளது.

இத்தகைய சூழ்நிலையில், தாவரங்களை பயன்படுத்தி மாசுகளை அகற்றும் தாவரத் தீர்வு முறை (Phytoremediation) மிகவும் பயனுள்ள, குறைந்த செலவு கொண்ட மற்றும் சுற்றுச்சூழல் நட்பு தொழில்நுட்பமாகும். தாவரங்கள் தங்களின் வேர்கள், தண்டு மற்றும் இலைகள் மூலம் மாசுக்களை உறிஞ்சி, சிதைத்து அல்லது நிலைப்படுத்தி சுற்றுச்சூழலின் தரத்தை மேம்படுத்துகின்றன. குறிப்பாக கன உலோகங்கள், கரிம மாசுக்கள் மற்றும் தொழிற்சாலை கழிவுகளால் பாதிக்கப்பட்ட மண் மற்றும் நீரை சுத்திகரிப்பதில் இந்த முறை முக்கிய பங்காற்றுகிறது.

மேலும், தாவரங்களுடன் தொடர்புடைய நுண்ணுயிர்களின் செயல்பாடுகளும் மாசுக்களை சிதைக்கும் செயல்முறையில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. அதேபோல், உயிரியல் தொழில்நுட்பம் மற்றும் மரபணு பொறியியல் முன்னேற்றங்களின் மூலம் அதிக மாசு உறிஞ்சும் திறன் கொண்ட தாவரங்களை உருவாக்கும் முயற்சிகள் தாவரத் தீர்வு முறையின் செயல்திறனை மேலும் உயர்த்துகின்றன.

எனவே, தாவரத் தீர்வு முறை சுற்றுச்சூழல் மாசுபாட்டை குறைக்கும் நிலையான மற்றும் இயற்கை அடிப்படையிலான தீர்வாக கருதப்படுகிறது. எதிர்காலத்தில் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்களுடன் இணைந்து இந்த முறை உலகளவில் சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பிற்கான முக்கியமான தீர்வாக விளங்கும் என்பது உறுதியாகும்.

மேற்கோள்கள் (References)

1. Ilya Raskin, B. D. Ensley (2000).
   Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment.
   John Wiley & Sons, New York.

2. Norman Terry & Gary S. Bañuelos (2000).
   Phytoremediation of Contaminated Soil and Water.
   Lewis Publishers, CRC Press.

3. Steven C. McCutcheon & Jerald L. Schnoor (2003).
   Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants.
   John Wiley & Sons, New Jersey.

4. David E. Salt, Michael Blaylock, N. P. B. A. Kumar & Ilya Raskin (1995).
   Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment.
   Bio/Technology, 13: 468–474.

5. United States Environmental Protection Agency (EPA).
   Introduction to Phytoremediation.
   EPA Publication, Washington DC.

6. Bernard R. Glick (2010).
   Using Soil Bacteria to Facilitate Phytoremediation.
   Biotechnology Advances.

7. Neil Willey (2016).
   Phytoremediation: Methods and Reviews.
   Humana Press, Springer.

8. Prasad M. N. V. (2007).
   Phytoremediation in India: Environmental and Economic Perspectives.
   Journal of Hazardous Materials.

9. J. L. Schnoor (2002).
   Phytoremediation of Organic and Nutrient Contaminants.
   Environmental Science & Technology.

10. Kamaljit S. Bauddh & R. P. Singh (2015).
    Phytoremediation Potential of Plants in Environmental Cleanup.
    Springer Publications.