"जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ"
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

# सुदूर संवेदन तकनीक का जलग्रसनता अध्ययन में उपयोग

देवेंद्र सिंह राठौर संजय कुमार जैन सुधीर कुमार
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

## सारांश

कृषि के लिये जलग्रसनता एक अभिशाप है। पिछले कई वर्षों से सिंचित भूमि में वृद्धि के साथ जलग्रसनता में भी वृद्धि हुई है। भूजल के आँकड़ों से यह स्पष्ट होता है कि सिंचित क्षेत्रों में भूजल स्तर लगातार बढा है। जलग्रसनता के अध्ययन के लिये सुदूर संवेदन व अन्य तकनीकों का प्रयोग किया जा रहा है।

लगभग 20 तकनीकी प्रकाशनों का अध्ययन किया गया। इस प्रपत्र में वर्तमान में इन कार्यों में सुदूर संवेदन के दृश्य व अवरक्त विद्युत-चुंबकीय विकिरण संसूचकों के प्रयोग का वर्णन किया गया है। मुख्य रूप से दृश्य तकनीक अपनायी गयी है। आंकिक तकनीक में पर्यवेक्षित व नियमाधारित वर्गीकरण, समूहन, सांता टोपी निरूपण आदि तकनीक का प्रयोग किया गया है। मुख्य रूप से अवरक्त बैंड जलग्रसनता की पहचान में सहायक हुआ है। इसका कारण जल द्वारा अवरक्त विकिरण का अधिकाधिक अवशोषण करना है। अन्य दृश्य तरंगों का भी जल द्वारा अवशोषण किया जाता है।

अभी तक किये गये अध्ययनों के अनुसार सुदूर संवेदन से कम क्षेत्रफल जलग्रसित पाया गया है। प्रयुक्त पैमाने के कारण छोटे जलग्रसित क्षेत्र चित्रित नहीं हुए हैं। कई बार मानसून पश्चात के आँकड़ों में जलग्रसित क्षेत्र नही पाया गया है। अन्य कमियाँ, कम आँकड़ों का उपयोग, जलग्रसनता के संकेतकों व जी आई एस का सीमित प्रयोग आदि हैं। काली मृदा, जले क्षेत्र भी सुदूर संवेदन द्वारा जलग्रसन के पहचान में बाधा पहुँचाती है।

वर्तमान में विशिष्ट जमीनी अवस्थाओं, उथले भूजल के क्षेत्रों के लिये सुदूर संवेदन तकनीक के विकास के साथ साथ भूगोलीय सूचना तंत्र (जीआईएस) के उपयोग को बढाने आदि की आवश्यकता है।

## 1. प्रस्तावना :

कृषि उत्पादन बढ़ाने में सिंचाई का विशेष महत्व है। भारत में स्वतंत्रता प्राप्ति के समय कुल सिंचित भूमि 2 करोड़ हेक्टेयर थी। सन 2000 तक यह बढ़ कर 9 करोड़ हेक्टेयर हो गयी है। इसमें से 8 करोड़ हेक्टेयर सिंचाई क्षेत्र का उपयोग किया जा रहा है। बढ़ी हुई सिंचाई क्षमता एवं इसका उपयोग अन्न उत्पादन में आत्मनिर्भरता प्राप्त करने में सहायक हुआ है। जहाँ एक ओर सिंचाई द्वारा हमारा अनाज उत्पादन बढा है, सिंचाई के दुष्प्रभाव भी सामने आए हैं। सिंचाई से भूजल स्तर में वृद्धि हुई है। जिससे कई क्षेत्रों में जलग्रसनता में भी वृद्धि हुई है। कुल जलग्रसित क्षेत्र 16.1 से 85.3 लाख हेक्टेयर पाया गया है। जलग्रसनता से निपटने में प्रभावित क्षेत्र का आकलन अति आवश्यक है। इस हेतू कई विधियों का प्रयोग किया जाता है, जिनमें सुदूर संवेदन तकनीक एक है।

## 2. जलग्रसनता :

जब भूजल स्तर फसल की जड़ों तक पहुँच जाता है, इस स्थिति में जड़ों को श्वसन के लिये पर्याप्त प्राणवायु की उपलब्धता नही रहती है एवं कार्बन डाई ऑक्साईड की मात्रा बढ़ जाती है। इससे फसल की वृद्धि प्रभावित होती है या पौधे मर भी सकते हैं। इस स्थिति को जलग्रसनता कहते हैं। इस विवरण से यह स्पष्ट है कि फसल की जड़ों की गहराई, मृदा का प्रकार, फसल की जलग्रसनता सहने की क्षमता आदि के आधार पर किसी क्षेत्र को जलग्रसित कहा जा सकता है।

भूजल स्तर जलग्रसनता को परिभाषित करने का आसान मानदंड है। विभिन्न प्रचलित मानदंड भूजल स्तर पर ही आधारित हैं। इनमें राष्ट्रीय कृषि आयोग (1976), जल संसाधन द्वारा गठित कार्यकारी दल (1991), राज्यों के मानदंड आदि प्रमुख हैं (तालिका 1)। जलग्रसन दो तरह से परिभाषित किया गया है। यह क्रमशः स्थायी व अस्थायी जलग्रसन है। स्थायी जलग्रसन में, जलग्रसन पूरे वर्ष बना रहता है। अस्थायी जलग्रसन में केवल मानसून माह में जलग्रसन रहता है व मानसून के बाद भूजल के स्तर में गिरावट आती है।

## 3. कारण :

जलग्रसनता की स्थिति कई कारणों से उत्पन्न होती है। इनमें जल चक्र, मृदा, भूमि बनावट, अंतर बेसिन स्थानांतरण, तटबंध, जलनिकासरूद्ध क्षेत्र आधारित कई कारक होते हैं।

**तालिका 1 : जलग्रसनता के मानदंड (सक्सेना, 1994)**

| द्वारा | जलग्रसनता | मानदंड (भूजल स्तर मी में) |
|---|---|---|
| राष्ट्रीय कृषि आयोग (1976) | जलग्रसित | 0- 1.5 |
| जल संसाधन मंत्रालय कार्यकारी दल (1991) | जलग्रसित<br>संभावित | 0.0- 2.0<br>2.0- 3.0 |
| उ प्र (शारदा सहायक) | बहुत खराब<br>खराब<br>खतरनाक<br>सुरक्षित | <1.0<br>1- 2<br>2- 3<br>>3 |
| पंजाब | अधिक क्रांतिक<br>क्रांतिक | 0- 1.5<br>1.5- 2.0 |
| हरयाणा | क्रांतिक जलग्रसित<br>क्रांतिक | 0- 1.5<br>1.5- 3.0 |
| कर्नाटक (तुंगभद्रा) | जलग्रसित | 0- 2.0 |
| महाराष्ट्र | पूर्ण जलग्रसित<br>जलग्रसित | 0<br>0- 1.2 |

(1) निचले क्षेत्रों की ओर भू जल का बहाव होता है। इन क्षेत्रों में भूजल का स्तर बढ़ जाता है। सतही जल भी यहाँ एकत्र हो जाता है। यह जल रिस कर भी भूजल स्तर बढ़ाता है। इस तरह के क्षेत्र नदी घाटी में पाये जाते हैं। भारत में ऐसे कई क्षेत्र सिंधु- गंगा-ब्रह्मपुत्र नदी समतल में पाये जाते हैं। यह क्षेत्र पंजाब, हरयाणा, उत्तरप्रदेश, बिहार, बंगाल, आसाम आदि में फैले हुए हैं। स्थलाकृतियाँ, जिनमें निचली जमीन, दलदल, धनुराकार झीलें, पुरातन वाहिकाएँ आदि पायी जाती हैं, नदियों के पलायन, अपरदन, निक्षेप आदि के कारण बनती है। नदियों में प्राकृतिक तटबंध बनने से भी यह स्थलाकृति बनती है।

(2) कम गहराई पर उपस्थित कठोर मृदा के कारण भू जल का रिसाव अवरूद्ध होता है। इस कारण भी जल का जमाव बढ़ जाता है। उदाहरण के लिये आंध्र प्रदेश के नागार्जुन सागर परियोजना कमान क्षेत्र में कम गहराई पर ग्रेनाइट-नाइस चट्टान पाये जाने के कारण, इंद्रा गाँधी नहर परियोजना (आईजीएनपी), राजस्थान में जिप्सम, रेत व महीन मृदा की सतहों के कारण जलग्रसन की स्थिति है।

| लेखक | वर्ष | जिला, प्रदेश, नदी नहर | आँकड़े | माह | जलग्रसित क्षेत्र (वर्ग किमी) |
|---|---|---|---|---|---|
| द्विवेदी आदि | 1994 | फरूखाबाद, मैनपुरी, इटावा (उ प्र) | एमएसएस, टीएम | फरवरी, मार्च | 8.75 |
| सुजाथा आदि | 2000 | जौनपुर (उ प्र)- शारदा सहायक | एमएसएस, टीएम | फरवरी, मार्च | 26 |
| द्विवेदी आदि | 1999 | नलगोंड, खम्मम, कृष्ना, पश्चिम गोदावरी (आ प्र)- नागार्जुन बाँयी नहर | लिस- 1 ,टीएम | - | 13.8 |
| एनआरएसए | 2002 | प्रकाशम (आ प्र)- नागार्जुन दाँयी नहर | लिस- 3 | अप्रेल | 0.5 |
| चक्रबर्ती आदि | 2000 | (महाराष्ट्र)- धोम, कन्हेर नहर | लिस- 2, 3 ,टीएम | अक्टूबर- नवंबर, मार्च-अप्रेल | 3.4 |
| चारी आदि | 1996 | नागार्जुन दाँयी नहर | लिस- 1 , टीएम | नवंबर- दिसंबर, मार्च | 17.1 |
| वैकटरत्नम आदि | 2001 | प्रकाशम (आ प्र)- नागार्जुन दाँयी नहर, कृष्ना डेल्टा | लिस- 3 , पैन | जनवरी, मई | 1.4 |
| राव आदि | 2000 | शोलापुर (महाराष्ट्र)- भीम | लिस- 2, 3 ,टीएम | नवंबर, जनवरी, मार्च, मई | 4.0 |
| द्विवेदी, श्रीनिवास | 2002 | रंगमहल, बड़ोपल (पंजाब)- इगॉनप | लिस- 1, एमएसएस, टीएम | फरवरी, मार्च | - |
| मंडल व शर्मा | 2001 | (पंजाब)- इगॉनप- रावतसर, नौरंगदेसर वाहिका, सूरतगढ़ शाखा | लिस- 2 | मानसून बाद, फरवरी | 37% |
| सुदर्शनम आदि | 2001 | झज्जर (हरयाणा)- पश्चिमी यमुना नहर, साहिबी जल ग्रहण क्षेत्र | लिस- 2, 3 | मई | 87 |
| कालूबर्मे आदि | 1983 | खेड़ा (गुजरात)- माही कमान क्षेत्र | लैंडसेट एमएसएस | मार्च | - |
| मिस्त्री व सहाई | 1983 | सूरत (गुजरात) | लैंडसेट एमएसएस | मई | - |
| चौबे | 1994 | टीबी, बरोपल (पंजाब)- इगॉनप | टीएम | मार्च | 252 |
| लोहनी आदि | 1999 | पटना, नालंदा, मुँगेर (बिहार)- मोकाम ताल | लिस- 2 | नवंबर, दिसंबर, मार्च | 1062 |
| सिंह आदि | 2001 | मुक्तसर (पंजाब)- सिरहिंद, राजस्थान प्रतिपूरक (फीडर), बिकानेर नहर | लिस- 2 | सितंबर | 52 |
| अग्रवाल व गर्ग | 2000 | बाराबंकी, रायबरेली (उ प्र)- जौनपुर, इंदिरा नहर, सारदा सहायक | लिस- 1, 2, एमएसएस | अक्टूबर, मार्च | 12.5- 136 |
| शर्मा व भार्गव | 1988 | मथुरा (उ प्र)- यमुना बाँयी नहर | लैंडसेट- एमएसएस | - | 143 |

(3) तटबंध, सड़क, रेल आदि द्वारा नदी नालों द्वारा किया जाने वाला प्राकृतिक जल निकास, अवरूद्ध होता है। जल ग्रहण क्षेत्र में जल एकत्र होकर जलग्रसन करता है।

(4) नहरों, विशेषकर कच्ची नहरों से भूजल का रिसाव अधिक होता है। इससे नहरों के समीप जलग्रसनता व्याप्त होती है। कमान क्षेत्र में नालियों व कृषि भूखंडों से भी जल का रिसाव होता है एवं जलग्रसनता उत्पन्न होती है।

(5) संयुग्मी भू जल उपयोग के अभाव में भी भू जल स्तर बढ़ता है। यह मुख्यरूप से खारे भू जल क्षेत्र में अधिक होता है, क्योंकि खारे भू जल का संयुग्मी उपयोग अधिकतर संभव नहीं है। उदाहरण के लिये पंजाब व हरियाणा में कई स्थानों पर खारा भू जल पाया जाता है एवं इस कारण जलग्रसन की स्थिति पैदा हुई है।

## 4. जलग्रसनता आकलन के लिये प्रयुक्त विधियाँ :

### 4.1 पारंपरिक :

भूजल के विकास, दोहन, प्रबोधन आदि के लिये भूजल के आँकड़े केंद्रीय भूजल बोर्ड, राज्य के जल संसाधन विभागों द्वारा एकत्र किये जाते हैं। इन आँकड़ों की मदद से वर्षा पूर्व व पश्चात के भूजल स्तर मानचित्र तैयार किये जाते हैं। यह मानचित्र हाथ से या संगणक द्वारा तैयार किये जा सकते हैं। इन मानचित्रों का उपयोग कर नियत मानदंडों के आधार पर जलग्रसनता का आकलन पारंपरिक रूप से किया जाता है।

### 4.2 सुदूर संवेदन तकनीक :

विद्युत चुंबकीय विकिरण द्वारा आसमान से पृथ्वी के पदार्थों की जानकारी एकत्र करने की विधि को सुदूर संवेदन कहते हैं। इस विधि में संसूचकों का प्रयोग किया जाता है। इन्हें हाथ में, विमानों व उपग्रहों आदि पर रखा जाता है। विकिरण पृथ्वी की सतह से निर्गत होता है। अतः सतह की जानकारी इसमें संग्रहित होती है।

मुख्य रूप से दो विधियाँ इस कार्य में प्रयोग में लाई जाती हैं, दृश्य व आंकिक। दृश्य आँकड़े फोटोग्राफ के रूप में उपलब्ध होते हैं। आंकिक आँकड़ों को संगणक पर प्रदर्शित कर उपयोग में लाया जा सकता है। आंकिक आँकड़े संगणक तैयार प्रारूपों में मिलते हैं।

### 4.3 दृश्य विधि :

फोटोग्राफ पर ट्रेसिंग रख कर रेखांकन किया जाता है। मॉनिटर पर आंकिक रेखांकन किया जा सकता है। जलग्रसित क्षेत्रों को, वर्ण, गठन, क्षेत्रफल, प्रकार, आकार, संबंध आदि के आधार पर, पहचाना जाता है। इस विधि की विशेषता यह होती है कि इसमें फोटो तत्व के आधार पर जानकारी प्राप्त की जाती है। यह मनुष्य की, जटिल व ताकतवर दृश्य क्षमता के कारण संभव होता है। इस विधि में कमी यह है कि इसमें विवेचन में एकसारता नही होती, छोटे क्षेत्रों को रेखांकित नहीं किया जा सकता, विवेचन फोटो की गुणवत्ता से प्रभावित होता है, हस्ताक्षर में समानता होने पर विवेचन में त्रुटि हो जाती है आदि।

### 4.4 आंकिक विधि :

इस विधि में सुदूर संवेदी आंकिक आँकड़ों व संगणकों का प्रयोग किया जाता है। संगणकों पर विशेष सोफ्टवेयरों की मदद से आँकड़ों का विवेचन किया जाता है। इन सोफ्टवेयरों में कई विधियाँ दी होती हैं। इनका प्रयोग कर परिणाम प्राप्त किये जाते हैं। इनमें कई विधियाँ ऊर्जा संशोधन, भू संदर्भीकरण, संवर्धन, वर्गीकरण आदि हैं। कई उपयोगी विधियाँ यहाँ दी गई हैं।

#### 4.4.1 समूहन :

इस विधि में किसी बैंड विशेष के अंकों को समूहों में बाँटा जाता है। प्रत्येक समूह किसी भू उपयोग से संबंधित होता है। जलग्रसनता में अवरक्त बैंड विशेषकर बहुत उपयोगी पाया गया है। इस बैंड में जलग्रसित क्षेत्रों का आंकिक मान कम होता है। अतः, एक निश्चित मान से कम अंक को जलग्रसित क्षेत्र में वर्गीकृत किया जाता है।

#### 4.4.2 वर्गीकरण :

सुदूर संवेदी अंकों में एक विशेष सांख्यिकीय वितरण होता है। इसे बहुआयामी प्रसामान्य वितरण कहते हैं। इस वितरण को आधार मानकर कई गणितीय विधियाँ प्रचलित हुई हैं। इन विधियों को पर्यवेक्षित वर्गीकरण विधियों में रखा गया है। इसके अतिरिक्त अपर्यवेक्षित वर्गीकरण विधियाँ भी प्रचलित हैं। इनमें बहुविभीय निरूपण में अंकों के समूह ढूँढे जाते हैं। इनका संबंध भू उपयोग से होता है।

### 4.4.3 सूचकांक विधि :

इस विधि में कई बैंड अनुपात आधारित सूचकांकों का प्रयोग भू उपयोग वर्गीकरण में किया जाता है। इन सूचकांकों को यहाँ प्रस्तुत किया गया है।

#### 4.4.3.1 वनस्पति सूचकांक :

अवरक्त व रक्त बैंड के अनुपात को वनस्पति सूचकांक कहते हैं। इसका मान स्वस्थ वनस्पति के लिये अधिक होता है। वनस्पति सूचकांक को प्रसामान्य अंतर अनुपात में भी व्यक्त किया जाता है। यह अवरक्त व रक्त बैंडों के अंतर व दोनों बैंडों के योग का अनुपात है। इसका मान -1 से 1 के बीच में होता है। वनस्पति के लिये प्रायः यह मान शून्य से अधिक होता है। अतः इस सूचकांक के समूहन से वनस्पति का मानचित्रण किया जा सकता है। वनस्पति सूचकांक का मान एक निश्चित मान से कम होने पर इसे अन्य भूउपयोग में एवं अधिक होने पर वनस्पति में वर्गीकृत किया जाता है।

इसके अलावा कई अन्य वनस्पति सूचकांक भी प्रचलित हैं। इन सबमें भी समूहन द्वारा वनस्पति का वर्गीकरण किया जाता है।

#### 4.4.3.2 जल सूचकांक :

वनस्पति सूचकांक के समान ही यह एक अनुपात है। यह एक प्रसामान्य अंतर अनुपात है। इसमें हरित व अवरक्त बैंड के अंतर व दोनों बैंडों के योग का अनुपात लिया जाता है। इसका मान भी वनस्पति अंतर अनुपात के समान -1 से 1 के बीच होता है। जल के लिये यह मान सामान्यतयाः शून्य से अधिक होता है। अतः सूचकांक के समूहन से जल का मानचित्रण किया जा सकता है। इसमें जल सूचकांक का मान एक निश्चित मान से कम होने पर इसे अन्य भूउपयोग में एवं अधिक होने पर जल में वर्गीकृत किया जाता है।

### 4.4.4 सांता टोपी रूपांतरण :

सांता टोपी रूपांतरण एक तरह का प्रमुख अवयव रूपांतरण है। चार बैंडों के लिये चार रूपांतर प्राप्त किये जाते हैं। इन रूपांतरों के लिये निश्चित गुणांक प्रयुक्त होते हैं। यह गुणांक कुछ विशेष अध्ययनों में ज्ञात किये गये हैं। इसमें प्रत्येक प्रमुख अवयव में विशेष गुण होते हैं। यह अवयव क्रमशः हरित वर्ण, मृदाद्युति, नमी व शोर दर्शाते हैं। इनमें तृतीय अवयव जलग्रसनता के रेखांकन में सहायक है। इसका मान जलग्रसित क्षेत्रों के लिये कम होता है।

इस रूपांतरण का आकलन कृषि क्षेत्र के एमएसएस आँकड़ों के लिये किया गया। परंतु टीएम के समान बैंडों के लिये भी इन्ही गुणांकों का प्रयोग किया जा सकता है।

## 5. परिणाम :

### 5.1 दृश्य सुदूर संवेदी तकनीक :

दृश्य विधि में वर्ण व गठन आदि फोटो अवयवों का जलग्रसित क्षेत्रों की पहचान करने में उपयोग किया गया है। मुख्यरूप से वर्ण कई गहराई में नीला, भूरा व काला, स्लेटी पाये गये। बादामी, हरा व हरा- नीला रंग भी पाया गया। जल का वर्ण अधिकतर गहरा नीला- काला पाया गया। इससे यह स्पष्ट होता है कि केवल सतही जल व संतृप्त मृदा ही मुख्य रूप से मानचित्रित की गई हैं।

इस तकनीक से कम क्षेत्र में जलग्रसन आकलित हुआ है। इसके कारण छोटी ईकाईयों व उथले भूजल क्षेत्रों का मानचित्रण न हो पाना, लवण प्रभावित मृदा का इसमें सम्मिलित न होना आदि हैं।

### 5.2 आंकिक सुदूर संवेदी तकनीक :

इस विधि के अंतर्गत पर्यवेक्षित व नियमाधारित वर्गीकरण, समूहन आदि का प्रयोग किया गया है। कम अध्ययनों में इस तकनीक का प्रयोग किया गया है। इन उपयोगों का विवरण इस प्रकार हैः

#### 5.2.1 समूहन :

चौबे (1996) द्वारा समूहन विधि का उपयोग तवा कमान क्षेत्र के लिये किया गया। इसमें बैंड 4 (अवरक्त बैंड) के अंकों के समूह बनाये गये। जलाशय के अंक 9 से 15 तक पाये गये। अतः जलग्रसित क्षेत्र के अंक 16 से 25 तक निर्धारित किये गये। इस अध्ययन में जलाशय के समीप की संतृप्त मृदा भी जलग्रसित क्षेत्र में वर्गीकृत की गई है। बैंड 4 (अवरक्त) का मान 25- 26 व 26- 28 पर क्रमशः 80 व 140 वर्ग किमी क्षेत्रफल मापा गया। इसे भी जलग्रसित माना गया। जैन आदि (2003) द्वारा जल के लिये मान 53 व 67 एवं जलग्रसन के लिये मान 83, 84 व 62 उपयोग किया गया।

**तालिका 2 : आंकिक तकनीक आधारित अध्ययन**

| लेखक | वर्ष | जिला, प्रदेश, नदी नहर | आँकड़े | माह | जलग्रसित क्षेत्र (वर्ग किमी) |
|---|---|---|---|---|---|
| चटर्जी आदि | 2003 | मुजफ्फरपुर, वैशाली, शरण (बिहार) | लिस- 3 | दिसंबर, अप्रेल | 5.3 |
| द्विवेदी, श्रीनिवास | 1998 | उन्नाव, रायबरैली (उ प्र)- शारदा सहायक | लिस- 2, 3 | - | - |
| चौबे | 1996 | (म प्र)- तवा कमान | लिस- 1 | अक्टूबर- नवंबर, मार्च- मई | 93 |
| राठौर, जैन | 2001 | रोहतक, झज्जर (हरयाणा)- पश्चिमी यमुना नहर- दिल्ली, बुटाना शाखाएँ | लिस- 3 | अक्टूबर- नवंबर, मार्च- अप्रेल | 131.3 |
| जैन आदि | 2003 | मुक्तसर (पंजाब)- सिरहिंद, राजस्थान प्रतिपूरक (फीडर), बिकानेर नहर | लिस- 3 | नवंबर, सितंबर, मार्च | 17- 42 |
| सिंह आदि | 2001 | मुक्तसर (पंजाब)- सिरहिंद, राजस्थान प्रतिपूरक (फीडर), बिकानेर नहर | लिस- 3 | सितंबर | 129 |
| साहा आदि | 1990 | अलीगढ़ (उं प्र) | टीएम | जनवरी | 20 |

### 5.2.2 नियमाधारित वर्गीकरण :

चटर्जी आदि (2003) द्वारा नियमाधारित वर्गीकरण बिहार के उत्तरी जिलों में किया गया। इस विधि में बैंड 1, 2, 3 (क्रमशः हरित, रक्त व अवरक्त बैंड) व जल सूचकांक का प्रयोग किया गया। जल सूचकांक 0.32 से अधिक होने व बैंड 3 का मान बैंड 1 व 2 से कम होने पर बिंब भाग (पिक्सेल) को जल में वर्गीकृत किया गया। जैन आदि (2003) द्वारा जल के लिये मान 19.0, 22.0 व 28.0 से अधिक लिया गया। जलग्रसन के लिये 0.0 या 9.0 से अधिक लिया गया।

### 5.2.3 वर्गीकरण :

राठौर व जैन (2001) द्वारा रोहतक व झज्जर जिले में दो वर्षों के आकड़ों का अध्ययन किया गया है। इसमें पर्यवेक्षित व अपर्यवेक्षित दोनों विधियों का प्रयोग किया गया। जो क्षेत्र दोनों

विधियों से जलग्रसित वर्गीकृत किया गया, उसे अंततः जलग्रसित क्षेत्र माना गया। साहा आदि (1990) द्वारा पर्यवेक्षित विधि का उपयोग किया गया। अध्ययन क्षेत्र ऊपरी गंगा समतल में स्थित है। पुरातन वाहिकाओं व धनुराकार झीलों में जलग्रसन पाया गया। बैंड 2, 5, 7 (टीएम संसूचक) का प्रयोग किया गया। संकुल यथार्थता 96% (25 बिंदु) है। द्विवेदी व श्रीनिवास (1998), सिंह आदि (2001) द्वारा पर्यवेक्षित तकनीक का प्रयोग किया गया। सांता टोपी रूपांतरः जैन आदि (2003) द्वारा सांता टोपी, जल सूचकांक विधियों का उपयोग जलग्रसन अध्ययन में किया गया। इस रूपांतर के लिये टीएम संसूचक के सांता टोपी गुणांकों का उपयोग किया गया। नमी अवयव के समूहन से जल व जलग्रसन क्षेत्र रेखांकित किये गये। अवयव का मान जल के लिये कम होता है। जलग्रसित क्षेत्र के लिये इसका मान जल के मान से कुछ अधिक होता है। जल के लिये मान 61 से कम पाया गया। जलग्रसन के लिये मान 49 से 68 पाया गया।

### 5.3 जीआईएस का प्रयोग :

सुदर्शनम आदि (2001) द्वारा झज्जर में जलग्रसन के अध्ययन में जीआईएस का भी उपयोग किया गया। नहरों से दूरी, भूजल की गहराई, मृदा का वर्ग, वर्षा, भू उपयोग व ढाल का, जलग्रसन ईकाईयों से संबंध का अध्ययन किया गया। कुछ प्रमुख ईकाईयों में भूजल गहराई 3 मी तक पाई गई। अन्य ईकाईयों में गहराई 3 मी से अधिक पाई गई।

### 5.4 कठिनाईयाँ :

सुदूर संवेदी तकनीक द्वारा जलग्रसन के अध्ययन में कई कठिनाईयाँ आई हैं। पदार्थों, जिनके हस्ताक्षर जलग्रसित क्षेत्रों के समान होते हैं, को जलग्रसित क्षेत्र से पृथक नहीं किया जा सकता है। इस तरह के पदार्थ काली मिट्टी, जले कृषि अवशेष आदि हो सकते हैं।

महाराष्ट्र में दो अध्ययनों में काली मिट्टी को जलग्रसित क्षेत्र से पृथक नही किया जा सका। काली मिट्टी बाह्य आग्नेय चट्टानों के अपक्षय से बनती है। यह मिट्टी, भारतीय प्रायद्वीप में मध्य प्रदेश, महाराष्ट्र, कर्नाटक आदि में पायी जाती है। इसी तरह, रोहतक में फसल के जले अवशेषों के कारण इन्हें जलग्रसित क्षेत्रों से पृथक नही किया जा सका।

## 6. निष्कर्ष :

उपरोक्त अध्ययन के पश्चात निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले गयेः

(1) अनेक कमान क्षेत्रों का सुदूर संवेदन तकनीक से जलग्रसन सर्वेक्षण किया गया है। इस तरह प्राप्त मानचित्रों का उपयोग जलग्रसन कम करने की योजनाएं बनाने में किया जाना चाहिये।

यद्यपि पारंपरिक तकनीक से अधिक जलग्रसन क्षेत्र का आकलन होता है, कृषि प्रभावित क्षेत्र आधारित आकलन अधिक उपयुक्त बताया जाता है। यह आकलन सुदूर तकनीक से प्राप्त होता है।

(2) जीआईएस का अधिक उपयोग नही हुआ है। जलग्रसन के रेखांकन में उपयोगी अन्य आँकड़ों, जैसे मृदा, भूजल गुणवत्ता आदि के मानचित्र जीआईएस में एकत्र कर इनका उपयोग किया जाना चाहिये।

(3) सुदूर संवेदन के दृश्य व निकट अवरक्त स्पेक्ट्रमों के अतिरिक्त अन्य स्पेक्ट्रमों का उपयोग किया जाना चाहिये। इनमें विशेषकर ऊष्मीय अवरक्त बैंड ज्यादा सहायक सिद्ध हो सकता है।

(4) जलग्रसन के समान हस्ताक्षर वाले पदार्थों से जलग्रसित क्षेत्रों को पृथक करने के लिये बहुकालिक व बहुस्पेक्ट्रमी आदि आँकड़ों का उपयोग किया जाना चाहिये।