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

सिंचाई अनुसूची तैयार करने की सरल विधि

विवेकानन्द सिंह एस.एल.श्रीवास्तव संजय मित्तल एन.के.लखेरा
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

भारत एक कृषि प्रधान देश है यहाँ की 70 प्रतिशत जनता कृषि पर निर्भर करती है और कृषि पानी पर निर्भर करती है। चूकी जल बहुत ही महत्वपूर्ण है, इसलिए इसका सही उपयोग करना चाहिए। जैसा देखा गया है कि सधन सिंचाई वाले क्षेत्रों मे मृदा की क्षेत्र जलधारण क्षमता (Field capacity) से जितना भी अधिक पानी रहता है वह अन्त:स्रवण (Percolation) के द्वारा जड़क्षेत्र (Rootzone) के नीचे चला जाता है और आस पास के भूजल सतह (Ground Water Table) में मिल जाता है। ये अन्त:स्रवण जल अनुपयोगी हो जाता है तथा साथ ही साथ यह जल ग्रसनता (Water logging) का कारण भी बनता है। दूसरी तरफ कम सिंचाई करने से पौधा प्रतिबल (Stress) महसूस करता है जिसके कारण फसल के उपज में कमी आ जाती है। अत: अच्छे उपज के लिए एवम् सिंचाई जल को वर्वाद होने से बचाने के लिए, यह जरूरी है कि इसकी सही मात्रा, सही समय पर दी जाय। इसी को ध्यान में रखते हुए इस शोध पत्र में सिंचाई जल माँग एवम् सिंचाई अनुसूची निकालने के लिये एक सरल विधि का उल्लेख किया गया है। इस विधि का उपयोग कर, लोकपवानी क्षेत्र, जो कि मण्डया जिला के अर्न्तगत, कर्नाटक राज्य में है, के रेतमय दुमट (Sandy loam) के खेतों में गन्ने की फसल के लिए सिंचाई जल माँग एवम् सिंचाई अनुसूची निकाला गया है। इस विधि से गन्ने के पूरे फसल काल (Base Period) में कुल वाष्प-वाष्पोत्सर्जन 121 से.मी. एवम् कुल सिंचाई 127 से.मी. निकाला गया है जिसमें दो सिंचाई के बीच का अन्तराल 30 दिनों का निकाला गया है।

1. प्रस्तावना :

भारत एक कृषि प्रधान देश है यहाँ की 70 प्रतिशत जनता कृषि पर निर्भर करती है, और कृषि पानी पर निर्भर करती है। चूँकि जल बहुत ही महत्वपूर्ण है इसलिए इसका सही उपयोग करना चाहिए। साधारणत: खेतों में सिंचाई सतह पर जल फैलाकर किया जाता है, वह चाहे सतही सिंचाई हो या उप-सतही सिंचाई, फसल को बोने से लेकर काटने तक समय-समय पर सिंचाई चाहिए जो कि जलमौसम के अलावा मृदा बनावट, मृदा नमी धारण क्षमता एवम् पौधे के बढ़ने की स्थिति पर निर्भर करता है। पानी की बचत करने के लिए, जिसमें अच्छी उपज भी हो, जरूरी है कि खेतों में लगातार दो सिंचाई के बीच का अन्तराल अधिक से अधिक हो।

यह तभी सम्भव है, जब मृदा-जल-पौधे के सम्बन्धों को अच्छी तरह से समझा जाये। उदाहरण के लिए सघन सिंचाई वाले क्षेत्र (नहरी क्षेत्र) में आवश्यकता से अधिक पानी दिया जाता है जिसके कारण, क्षेत्र जलधारण क्षमता से जो भी पानी ज्यादा होता है वो अन्त:स्रवण से जड़ क्षेत्र के नीचे चला जाता है, और आस पास के भूजल सतह (Groundwater Table) में मिल जाता है। ये अन्त:स्रवण जल एक तरह से अनुपयोगी हो जाता है और जल ग्रसनता (Water logging) का कारण भी बनता है। दूसरी तरफ कम सिंचाई करने से पौधा प्रतिबल (Stress) महसूस करता है, एवम् उपज में भी कमी आ जाती है। इससे स्पष्ट होता है कि सही मात्रा में एवम् सही समय पर सिंचाई करना चाहिए तभी अधिक से अधिक उपज मिल सकता है, एवम् साथ ही साथ सिंचाई जल को बर्वाद होने से बचाया जा सकता है (भान 1995)। ये तभी सम्भव है, जब सिंचाई जल की माँग को पूरे फसल काल (Base Period) के लिए सही तरह से अनुमानित किया जाये। सिंचाई अनुसूची सामान्यत: दो प्रश्नों को बताता (Deals) है।

अ. कब सिंचाई करनी चाहिए ?

और

ब. कितनी सिंचाई करनी चाहिए ?

सिंचाई कब करनी चाहिए इसको जानने के लिए कई विधि है जो कि इस प्रकार है :

(i) पौध सूचक विधि
(ii) मृदा सूचक विधि
(iii) जल संतुलन विधि

2. पौध सूचक विधि :

इस विधि में पौधों के पत्ते का रंग, पौधो की बढ़त स्थिति (Stage of growth), पत्ते का तापमान, पत्ते की जल स्थितिज (Leafwater potential) एवम् स्टोमेटल प्रतिरोध (Stomatal Resistance) को देखकर अनुमान लगाया जाता है कि कब सिंचाई करनी चाहिए (सिंह, आदि 1995)। इस विधि में अति संवेदी उपकरणों की आवश्यकता है एवम् सबसे बड़ी कमी है कि पौधा सिंचाई करने से पहले ही नमी प्रतिबल (Moisture stress) से गुजर चुका होता है जोकि पौधे को कुछ क्षति पहुँचा देता है एवम् इसके उपज में भी कमी आ जाती है।

3. मृदा सूचक विधि :

पौधे का जड़ एवम् जड़क्षेत्र में इसका धनत्व, जड़ की लम्बाई इत्यादि, जड़ क्षेत्र की गहराई एवम् पौधे की अवधि के अनुसार बदलते रहता है। पौधे का सिंचाई जल माँग भी इन सभी बातो पर निर्भर करता है एवम् इसके साथ-साथ मृदा नमी जो उस जड़ के समतल है पर भी निर्भर करती है और बदलती रहती है, क्योकि जहाँ अधिक जड़ रहता है वहाँ अधिक नमी चाहिए और जहाँ कम जड़ है वहाँ कम। यह सिंचाई जल माँग के आँकलन की सबसे सही विधि है परन्तु इस विधि में बहुत सारे आँकड़े (जैसे मृदा, कृषि एवम् मौसम विज्ञान इत्यादि) चाहिए एवम् उसके बाद मृदा नमी का प्रतिरूप (Soil Moisture Model) भी चाहिए (सिंह आदि 1995 एवं सिंह आदि

2002)। तभी सही सिंचाई जल माँग निकाला जा सकता है। इस विधि में बहुत सारे परिकलन (Computations) करने पड़ते है।

4. जल संतुलन विधि :

इस विधि में, सिंचाई जल का आँकलन जड़ क्षेत्र में पौधे के लिए मौजूद औसत नमी के आधार पर किया जाता है। मौजूद औसत नमीत्रक्षेत्र जलधारण क्षमता-म्लानता बिन्दु (Available Moisture = FC - WP) सिंचाई जल माँग जो कि पौधों का संभाव्या वाष्प-वाष्पोत्सर्जन (Potential Evapotranspiration) है को जड़ क्षेत्र में मौजूद नमी से मिलाकर (Match) देखा जाता है। जब सिंचाई जल माँग जड़ क्षेत्र में मौजूद नमी के 80 प्रतिशत के बराबर हो जाती है तब अगले सिंचाई की आवश्यकता पड़ती है। इस विधि के लिए, मृदा का क्षेत्र जलधारण क्षमता (Field Capacity) एवम् म्लानता बिन्दु (Wilting point) जानना बहुत ही जरूरी है। अत: जल संतुलन विधि सबसे आसान एवं सरल है इस शोघ पत्र का मुख्य लक्ष्य है कि जल संतुलन विधि से सिंचाई जल माँग निकालना एवम् सिंचाई अनुसूची तैयार करना है।

5. विधि :

इस विधि में, पौधों के जड़ क्षेत्र का जल संतुलन किया जाता है। इसमें जो-जो घटक की मुख्य भूमिका रहती है वे है सिंचाई जल, वाष्प-वाष्पोत्सर्जन, अन्त:स्रवण एवम् जड़ क्षेत्र के मृदा नमी में बदलाव। जड़ क्षेत्र के जल संतुलन का समीकरण निम्नलिखित है

$$\text{सिंचाई जल} = \text{वाष्प-वाष्पोत्सर्जन} + \text{अन्त: स्रवण} + \text{मृदा नमी में बदलाव} \quad (1)$$

इस विधि में सिंचाई इतना किया जाता है कि सिंचाई जल जड़ क्षेत्र तक ही सीमित रह जाये एवम् अन्त:स्रवण शून्य हो जाये। एक बार सिंचाई देने के बाद, पौधा तब तक जड़ क्षेत्र से ही जल लेता है जबतक कि इसमे मृदा नमी मौजूद है और जड़ क्षेत्र में मौजूद नमी का 80 प्रतिशत ही पौधा आसानी से खींच सकता है अत:

$$\begin{aligned} \text{वाष्प-वाष्पोत्सर्जन} &\leq 0.8 \text{ x जड़ क्षेत्र में मौजूद मृदा नमी} \\ &\leq \text{0-8 (क्षेत्र जल धारण क्षमता-म्लानता बिन्दु)} \end{aligned} \quad (2)$$

जब वाष्प-वाष्पोत्सर्जन जड़ क्षेत्र में मौजूद नमी के 80 प्रतिशत से अधिक हो जाये तो अगली सिंचाई दे दिया जाता है।

6. वाष्प-वाष्पोत्सर्जन का परिकलन :

पौधे से वाष्प-वाष्पोत्सर्जन का परिकलन (Computation) थाल वाष्पीकरण एवम् हरग्रीव का पौघ गुंणाक का उपयोग कर किया जाता है (गर्ग, 1996) इसके लिए दैनिक थाल-वाष्पन एवम् हरग्रीव का पौध गुणांक का आँकड़ा एकत्र किया जाता है फिर दैनिक वाष्प-वाष्पोत्सर्जन निकाला जाता है।

7. जड़ क्षेत्र में मौजूद मृदा नमी का आँकलन :

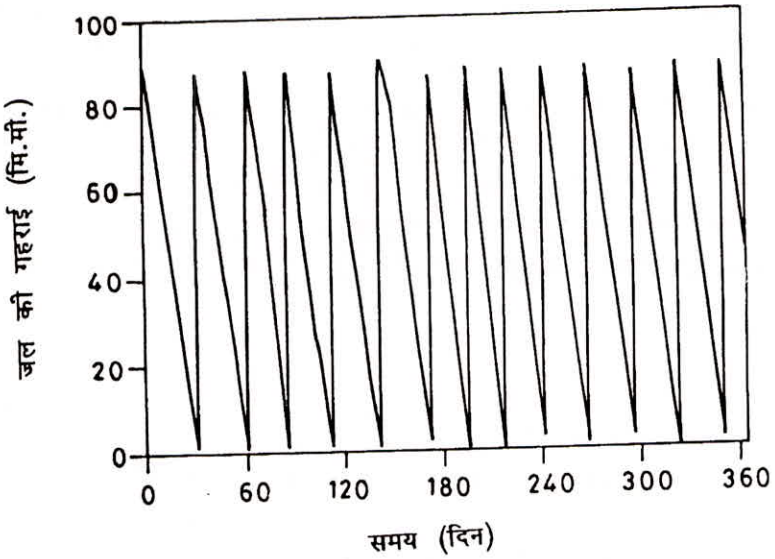
जड़ क्षेत्र में मौजूद नमी ज्ञात करने के लिए मृदा की क्षेत्र जल धारण क्षमता एवम् म्लानता बिन्दु निकाला जाता है। इनको निकालने के लिए दबाव प्लेट उपकरण (Pressure Plate Apparatus) का प्रयोग किया जाता है। मृदा नमी धारण लाक्षणिक (Soil Moisture Retention Characteristic) ज्ञात करने के लिए यह एक मानक विधि है। दबाव प्लेट उपकरण में दबाव कक्ष (Pressure Chamber) होता है, जिसमें कि सूक्ष्मरन्ध्र मृत्तिका प्लेट (Porous Ceramic Plate) पर मृदा नमूनों को संतृप्त (Saturate) कर दबाव कक्ष के अन्दर रख दिया जाता है, तथा दबाव गेज द्वारा इच्छित दबाव लगाया जाता है। सूक्ष्मरन्ध्र मृत्तिका प्लेट के द्वारा मृदा घोल (Soil Solution) निकल जाता है परन्तु मृदा का कण नहीं निकलता है। मृदा घोल जो कि झिल्ली (Membrane) से निकलता है वो वातावरणीय दाब (Atmospheric Pressure) के सम्पर्क में रहता है ज्योंहि दबाव गेज द्वारा दबाव कक्ष के अन्दर का दबाव वाहर के वातावरणीय दाब से अधिक होता है त्योंहि अतिरिक्त मृदा जलमृदा नमूने के अन्दर से निकल कर दबाव कक्ष के बाहर आ जाता है। और ये मृदा जल तब तक बाहर आता रहता है जब तक कि कक्ष का दबाव वातावरणीय दाब के बराबर न हो जाये । उसके बाद कक्ष के हवा दाब को खाली कर दिया जाता है और मृदा नमूनों में मौजूद नमी को गुरूत्वीय करण विधि द्वारा (Gravimetrically) निकाल लिया जाता है। यह मृदा नमी इस इच्छित दबाव पर ज्ञात किया गया नमी है इस तरह से अलग-अलग दबाव (0.33 से 15 इंते) को दबाव कक्ष में देकर मृदा नमूनों का अलग-अलग नमी ज्ञात करते है। इस तरह विभिन्न दाब पर मृदा में नमी रूकने की मात्रा ज्ञात हो जाती है। हेनरी (1984) के अनुसार 0ण्33 इंत दबाव पर की मृदा नमी, क्षेत्र जलधारण क्षमता (Field Capacity) देती है जबकि 15 इंत दबाव पर की मृदा नमी म्लानता बिन्दु (Wilting Point) को दर्शाता है। इस प्रकार दस मृदा नमूनों (Soil Samples) का क्षेत्र जल धारण एवम् म्लानता बिन्दु निकाला जाता है और इसका औसत ले लिया जाता है। जड़ क्षेत्र में मौजूद मृदा नमी, क्षेत्र जल धारण क्षमता से म्लानता बिन्दु को घटाकर निकाला जाता है।

8. परिणाम एवम् परिचर्चा :

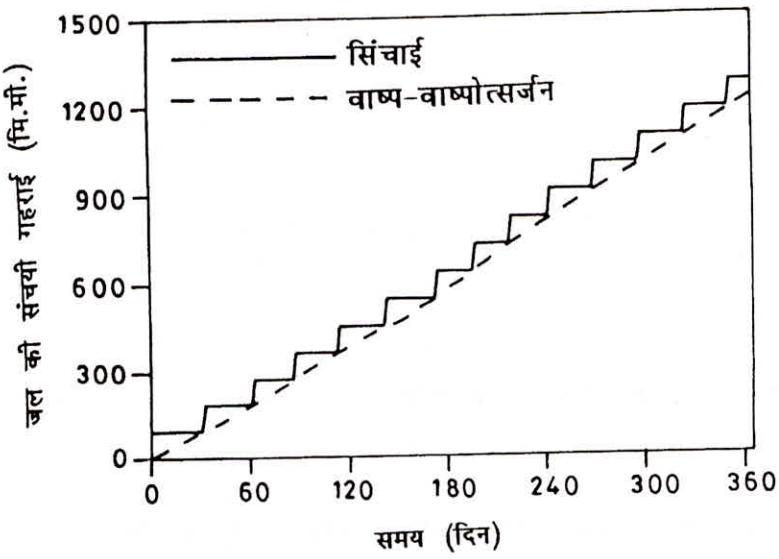
इस विधि का उपयोग, लोकपवानी क्षेत्र के रेतमय दुमट मृदा (Sandyloam) वाले क्षेत्रों में गन्ने फसल के लिए सिंचाई जल माँग एवम् सिंचाई अनुसूची निकालने में किया गया है। ये अध्ययन क्षेत्र कृष्णा राजा सागर केमान (Command) के अन्दर मण्डया जिला, कर्नाटक राज्य में है। इसके लिए गन्ने की फसल जड़क्षेत्र (Root Zone) का पूरे फसल काल (Base Period) का जल संतुलन किया गया है। गन्ने का फसल काल 365 दिन एवम् इसका जड़ क्षेत्र 120 सेमी. लिया गया है। मृदा का गुण इस प्रकार है मृदा घनत्व 1.748, म्लानता बिन्दु 8.9 प्रतिशत, क्षेत्र जल धारण क्षमता 17.5 प्रतिशत।

इस मृदा के लिए गन्ने के जड़ क्षेत्र में मौजूद मृदा नमी लगभग 11.4 सेमी निकाला गया है जिसका 80 प्रतिशत (9.1 सेमी.) ही आसानी से पौधा वाष्प-वाष्पोत्सर्जन कर सकता है। खेतों में सिंचाई हर बार 9.1 सेमी ही किया गया है ताकि सिंचाई जल बर्बाद न हो। यही जल धीरे-धीरे कई दिनों बाद वाष्प-वाष्पोत्सर्जन द्वारा जड़ क्षेत्र से खत्म हो जाता है

एवम् पुनः अगली सिंचाई की जाती है। खेतों में कब एवम् कितनी सिंचाई किया गया है यह चित्र-1 में दिखाया गया है। इस चित्र में देख सकते है, कि 9.1 सेमी. सिंचाई किया गया है, और ये पानी जड़ क्षेत्र में संचय हो जाता है, और फिर धीरे-धीरे, यानि 31 दिनों में, पौधो द्वारा वाष्प-वाष्पोत्सर्जन हो जाता है। उसके बाद पुनः 9.1 सेमी का सिंचाई किया गया है। इसी प्रकार 365 दिनों तक का सिंचाई अनुसूची चित्र-1 दिया गया है। संचित सिंचाई जल एवं संचित वाष्प - वाष्पोत्सर्जन पूरे फसल पूरे फसल कर दिखाया गया है। चित्र-2 में



चित्र 1 : फसल के जड़ क्षेत्र की गहराई में संचित जल का परिवर्तन



चित्र 2 : अनुप्रयुक्त सिंचाई जल की संचयी गहराई एवं वाष्प वाष्पोत्सर्जन

संचित सिंचाई जल एवं संचित वाष्प-वाष्पोत्सर्जन पूरे फसलकाल का दिखाया गया है। चित्र-2 में सीढ़ी-नुमा वक्र बताता है कि सिंचाई के बाद वक्र स्थिर है एवम् सिंचाई के समय में ऊपर उठ जाता है, जबकि वाष्प-वाष्पोत्सर्जन वक्र सीधा है। इस चित्र में देख सकते है कि कुल सिंचाई 127 सेमी है एवम् कुल वाष्प वाष्पोत्सर्जन 121 सेमी है, इसका तात्पर्य यह है कि फसल काटने के समय भी कुछ नमी जड़ क्षेत्र में बच जाती है। तालिका-1 में दैनिक वाष्प-वाष्पोत्सर्जन, दो सिंचाई के बीच का संचित वाष्प-वाष्पोत्सर्जन (Cumulative Evapotranspiration) एवम् जड़ क्षेत्र में मौजूद मृदा जल दिखाया गया है। इस सारिणी से देख सकते है कि इससे देख सकते है कि 31 वाँ दिन जड क्षेत्र में मात्र 1.2 मि.मी. नमी रह गया है और फिर 32 वाँ दिन पुन: अगला सिंचाई दिया गया है। आँकडा 365 दिनों का है मगर जगह की कमी के कारण पूर्ण नहीं दिखाया गया है। सिंचाई का एक अन्तराल पूरा दिखाया गया है। उसके बाद इस सारिणी में जब-जब जड़ क्षेत्र की नमी कम हो गया है एवम् सिंचाई दिया गया है उसी भाग को दर्शाया गया है, इससे देख सकते है कि कुल सिंचाई संख्या 14 है जिसका हर एक सिंचाई 9.1 सेमी. का है। इस तरह कुल 127 सेमी., सिंचाई दिया गया है। इस सारिणी में पूरा सिंचाई अनुसूची दिया गया है।

9. निष्कर्ष :

इस शोध पत्र में, लोकपवानी क्षेत्र के रेतमय दुमट मृदा (Sandy Loam) के खेतों में गन्ने की फसल के लिए सिंचाई जल मांग एवम् सिंचाई अनुसूची (Irrigation water requirement & Irrigation Scheduling) पूरे फसल काल (Base period) तक जड़ क्षेत्र (Root Zone) का जल संतुलन (Water Balance) कर निकाला गया है। गन्ने की पूरे फसलकाल 365 दिनों में कुल सिंचाई जल मांग 127 सेमी निकाला गया है एवम् पौधों का कुल वाष्प-वाष्पेत्सर्जन 121 सेमी निकाला गया है जो कि मानक किताब (Standard Book) में भी इसी के लगभग दर्शाया गया है। इसमें दो लगातार सिंचाई के बीच का अन्तराल 30 दिनों के लगभग निकाला गया है। यह विधि बहुत ही सरल एवम् उपयोगी है। इस विधि को अपनाकर पौधों का सिंचाई जल मांग एवम् सिंचाई अनुसूची निकाला जा सकता है। अत: भारत जैसे कृषि प्रधान देश में यह विधि अपनाकर अमूल्य धरोहर जल की बचत करते हुए ज्यादा उपज प्राप्त कर, देश को प्रगति के पथ पर ले जाने का प्रयास किया गया है।

10. सन्दर्भ :

(1) गर्ग, एस.के. (1996), इरीगेशन इन्जीनियरिंग एवम् हाइड्रोलिक स्ट्रक्चर, खन्ना पब्लीश, नई दिल्ली

(2) भान, सूरज (1995), सिंचाई जल का कुशल उपयोग समस्यायें एवम् अनुसंधान, प्रोसीडिंग, जल विज्ञान एवम् जल संसाधन पर राष्ट्रीय संगोष्ठी, 15-16 दिसम्बर, रूडकी, 395-404

तालिका 1 : प्रतिदिन का वाष्प-वाष्पोत्सर्जन, अगली सिंचाई तक संचयी वाष्प-वाष्पोत्सर्जन और जड क्षेत्र गहराई में उपस्थित जल

समय (d)	वाष्प-वाष्पो-त्सर्जन (mm/d)	संचयी वाष्प-वाष्पो-त्सर्जन (Et) (mm)	जड़ क्षेत्र में जल (mm)	समय (d)	वाष्प-वाष्पो-त्सर्जन (mm/d)	संचयी वाष्प-वाष्पो-त्सर्जन (Et) (mm)	जड़ क्षेत्र में जल (mm)	समय (d)	वाष्प-वाष्पो-त्सर्जन (mm/d)	संचयी वाष्प-वाष्पो-त्सर्जन (Et) (mm)	जड़ क्षेत्र में जल (mm)
1	2.8	2.8	88.2	60	2.7	87.6	3.4	220	4.1	8.1	82.9
2	2.5	5.3	85.7	61	4.0	91.6	-0.6	–	–	–	–
3	3.0	8.3	82.7	62	3.1	3.1	87.9	241	3.9	85.1	5.9
4	2.6	10.9	80.1	63	3.4	6.5	84.5	242	3.6	88.7	2.3
5	3.1	14.0	77.0	–	–	–	–	243	3.6	88.7	2.3
6	3.1	17.1	73.9	85	4.4	84.9	6.1	244	3.6	3.6	87.4
7	2.7	19.8	71.2	86	5.1	90.0	1.0	–	–	–	–
8	2.5	22.3	68.7	87	3.5	3.5	87.5	268	3.4	87.0	4.0
9	2.6	24.9	66.1	88	3.0	6.5	84.5	269	3.3	90.3	0.7
10	2.3	27.2	63.8	–	–	–	–	270	3.2	3.2	87.8
11	2.9	30.1	60.9	112	1.6	86.7	4.3	271	3.3	6.5	84.8
12	3.2	33.3	57.7	113	3.2	89.9	1.1	–	–	–	–
13	3.2	36.5	54.5	114	3.7	3.7	87.3	296	3.2	84.2	6.8
14	3.1	39.6	51.4	115	3.8	7.5	83.5	297	4.4	88.6	2.4
15	3.2	42.8	48.2	–	–	–	–	298	4.4	4.4	86.6
16	3.3	46.1	44.9	414	2.7	86.2	4.8	299	3.9	8.3	82.7
17	3.3	49.4	41.6	142	4.4	90.6	0.4	–	–	–	–
18	3.1	52.5	38.5	143	1.1	1.1	89.9	323	2.8	88.6	2.4
19	2.3	54.8	36.2	144	1.1	2.2	88.8	324	2.8	91.4	-.04
20	2.7	57.5	33.5	–	–	–	–	325	2.9	2.9	88.1
21	2.6	60.1	30.9	172	1.7	84.9	6.1	326	3.7	6.6	88.1
22	2.6	63.7	28.3	173	4.5	89.4	1.6	–	–	–	–
23	2.7	65.4	25.6	174	4.8	4.8	86.2	350	4.0	85.7	5.3
24	2.8	68.2	22.8	175	4.8	4.8	86.2	350	4.0	85.7	5.5
25	3.0	71.2	19.8	–	–	–	–	352	3.1	3.1	87.9
26	3.4	74.6	16.4	195	4.4	88.2	2.8	353	3.5	6.6	84.4
27	3.0	77.6	13.4	196	2.5	90.7	0.3	–	–	–	–
28	3.2	80.8	10.2	197	3.0	3.0	88.0	364	2.9	43.8	84.4
29	3.0	83.8	7.2	198	4.1	7.1	83.9	365	2.8	44.6	44.4
30	2.9	86.7	4.2	–	–	–	–				
31	3.1	89.8	1.2	217	3.0	87.0	4.0				
32	3.4	3.4	87.6	218	3.8	90.8	0.2				
33	3.3	6.7	84.3	219	4.0	4.0	87.0				

(3) सिंह, भवन, वोमीन, जे. कृकपेट्रीक, जी. एवम् हम, वी. (1995), अटोमेटिक इरीगेशन सिडुलिंग सिस्टम् प्रिन्सीपुल एवं अप्लीकेशन, ज. ऐरीगेशन एवम् ड्रेनेज इन्जीनियरिंग (ए0एस0सी0ई0) 121(1) 43-56

(4) सिंह, वि., घोष, एन.सी. एवम् शर्मा, अ. (2002), इरीगेशन वाटर रिक्वायरमेन्ट ऑफ क्राप व स्वायल म्वास्चर मॉडलिंग, प्रोसीडिंग ऑफ इन्टरनेशनल कानफरेन्स, एनलाइसिस और प्रेक्टिस इन वाटर रिर्सोसेज इन्जीनियरिंग फॉर डिजास्टर मिटिगेशन, भाग-1, 131-134

(5) हेनरी, डी.वी. (1984), फन्डामेन्टल ऑफ स्वायल साईन्स, सातवां एडीशन