कृषि नवाचार
ISSN: 3048-6092
https://www.krishinavachar.in
खण्ड 02 भाग 06 सितम्बर, 2025

कोल फसलों की उत्पादकता एवं गुणवत्ता में गंधक की भूमिका

स्वप्ना सपहिया [1], अनिल कुमार [1], स्मृति जसवाल [1], शिवानी [1*] और अनव ठाकुर [1]

[1]मृदा विज्ञान और जल प्रबंधन विभाग, बागवानी और वानिकी कॉलेज, नेरी, हमीरपुर

***E-mail: shiwani292002@gmail.com**

कोल फसलें, जैसे पत्ता गोभी, फूलगोभी, ब्रोकोली, केल एवं ब्रसेल्स स्प्राउट्स, विश्व की महत्वपूर्ण सब्जियों में गिनी जाती हैं। इन फसलों का उत्पादन वैश्विक स्तर पर सब्जियों की माँग पूरी करता है और मानव आहार में विटामिन, खनिज तथा रेशों की पूर्ति सुनिश्चित करता है। हिमाचल प्रदेश, पंजाब, हरियाणा और कर्नाटक जैसे राज्यों में इनका उत्पादन बड़े पैमाने पर होता है और ये स्थानीय तथा राष्ट्रीय सब्जी आपूर्ति में महत्वपूर्ण योगदान देती हैं। इनमें विटामिन A, C और K पर्याप्त मात्रा में पाए जाते हैं, जो मानव स्वास्थ्य के लिए आवश्यक हैं। साथ ही इन फसलों में कैल्शियम, आयरन और पोटैशियम जैसे खनिज भी अच्छी मात्रा में पाए जाते हैं, जो हड्डियों, रक्त और अन्य जैविक क्रियाओं के लिए जरूरी हैं। इसलिए इनकी उच्च उत्पादकता और पौष्टिकता बनाए रखने के लिए पौध पोषण में गंधक (Sulfur) का भी विशेष महत्व है।

पौध पोषण में गंधक मूलभूत भूमिका निभाता है। गंधक पौधों के लिए एक अत्यंत आवश्यक द्वितीयक प्रमुख पोषक तत्व है, जिसे प्रायः चौथा प्रमुख पोषक तत्व भी कहा जाता है क्योंकि नाइट्रोजन, फास्फोरस और पोटेशियम के बाद गंधक चौथा पोषक तत्व है जो कि पौधों की स्वास्थ्य प्रणाली के लिए आवश्यक कई शारीरिक और जैव राशयनिक प्रक्रियाओं में अहम भूमिका निभाता है। गंधक इन फसलों के लिए आवश्यक माध्यमिक पोषक तत्व है जो सिस्टीन और मेथियोनीन जैसे प्रमुख अमीनो अम्लों के संश्लेषण को सक्षम बनाता है, जो प्रोटीन निर्माण के लिए आवश्यक है। इसलिए कोल फसलों में पर्याप्त गंधक की आपूर्ति सुनिश्चित करना अतिआवश्यक है। यह मिट्टी में कार्बनिक और अकार्बनिक दोनों रूपों में पाया जाता है, हालांकि गैर-चूना युक्त सतही मिट्टियों में कुल सल्फर का लगभग 90% भाग कार्बनिक रूप में मौजूद होता है।

गंधक की कमी के लक्षण

कोल फसलें अन्य फसलों की तुलना में गंधक की अधिक मांग रखती हैं क्योंकि इनके विशेष योगिकों का संस्लेशन गंधक की उपस्थिति पर निर्भर करता है। गंधक क्लोरोफिल संश्लेषण में भी आवश्यक तत्व हैय इसकी कमी होने पर प्रकाश संश्लेषण की क्षमता कम हो जाती है। इसके अलावा कोल फसलें जैव सक्रिया योगिकों (bioactive compound) का समृद्ध स्त्रोत हैं, जिनमे सबसे महत्वपूर्ण ग्लुकोसिनोलेट्स हैं। ये यौगिक मुख्य रूप से अमीनो अम्लों (जैसे मेथियोनीन, ट्रिप्टोफैन आदि) से बनते हैं। कोल फसलों में पाए जाने वाले प्रमुख सल्फर यौगिक ग्लुकोसिनोलेट्स, जैसे कि दी-हॉम-मिथियोनीन से बने ग्लूकोराफरानिन, साइनिट्रिन आदि हैं जिनके विघटन उत्पाद से इजोथियोसाइनोलेट्स और इंडोल-3 कार्बिनोल बनते हैं जिनमें कैंसर रोधी, जीवाणुरोधी अथवा रोगाणुरोधी गुण पाए जाते हैं। इनका सेवन फेफड़े, स्तन और पेट के कैंसर के जोखिम को कम करता है। इसके अतिरिक्त, गंधक की कमी हो जाने पर कोल पौधे इन यौगिकों का विघटन करके अपने विकास को प्राथमिकता देते हैं, जिसके परिणामस्वरूप ग्लुकोसिनोलेट्स भंडारण का एक सुरक्षात्मक रूप बन जाते हैं। सल्फर की कमी से पौधों में नाइट्रेट का संचय होने लगता है और नाइट्रोजन का उचित उपयोग नहीं हो पाता, जिससे पौधों का स्वास्थ्य और उपज प्रभावित होती है। गंधक की कमी होने पर पौधों की वृद्धि रुक जाती है, पत्तियों का रंग पीला पड़ जाता है और फूलगोभी का सिर ठीक से विकसित नहीं हो पाता। यही नहीं, शोधों में पाया गया है कि गंधक युक्त उर्वरकों (जैसे पोटैशियम सल्फेट और जिप्सम) के प्रयोग से ब्रोकली की उपज लगभग 14% तथा फूलगोभी की उपज लगभग 25% तक बढ़ जाती है। यह परिणाम गंधक की पर्याप्त मात्रा की आवश्यकता को स्पष्ट करता है।

गंधक की कमी के कारण

बीते दशकों में गंधक की कमी एक गंभीर समस्या बन गई है, क्योंकि इसकी उपलब्धता पहले की तुलना में काफी घट गई है। पहले वायुमंडलीय स्रोतों और सल्फर युक्त पारंपरिक उर्वरकों (जैसे अमोनियम सल्फेट व सिंगल सुपर फॉस्फेट) से मिट्टी में पर्याप्त गंधक पहुंचता था। अब उच्च-शुद्धता वाले यूरिया, डीएपी और म्यूरिएट ऑफ पोटाश जैसे सल्फर रहित उर्वरकों का अधिक उपयोग होने लगा है, जिससे मिट्टी में गंधक की प्राकृतिक उपलब्धता धीरे-धीरे कम हो रही है। इसके अतिरिक्त, तीव्र और निरंतर खेती ने भी गंधक की मांग बढ़ा दी है, क्योंकि हर फसल चक्र में मिट्टी से गंधक निष्कर्षित होता है पर उसकी पूर्ति पर्याप्त मात्रा में नहीं हो पाती। इस बदलाव से गंधक की मांग और आपूर्ति के बीच अंतर लगातार बढ़ रहा है, क्योंकि प्राकृतिक स्रोतों से भी इसकी आपूर्ति घट गई है। उसी समय जैविक स्रोतों, जैसे गोबर खाद और हरी खाद, का प्रयोग पहले की अपेक्षा कम हो गया है, जिससे मिट्टी में गंधक की प्राकृतिक पुनर्भरण क्षमता घट गई है।

मृदा अपरदन भी गंधक की कमी का एक महत्वपूर्ण कारण है। तेज वर्षा या सिंचाई के पानी के बहाव में ऊपरी उपजाऊ मिट्टी

कटकर बह जाती है, जिसके साथ सल्फर सहित अन्य आवश्यक पोषक तत्व भी बह जाते हैं। चूंकि पौधों के लिए पोषक तत्वों की सर्वाधिक सघनता मिट्टी की सतही परत में होती है, इसलिए मृदा अपरदन सीधे तौर पर गंधक की हानि का कारण बनता है। इन सभी कारणों से वर्तमान समय में गंधक की कमी एक उभरती चुनौती बन चुकी है, जिसका प्रभाव न केवल फसल उत्पादन पर बल्कि मिट्टी की पोषक संतुलन और फसल गुणवत्ता पर भी नकारात्मक पड़ता है।

प्रबंधन रणनीतियाँ

गंधक प्रबंधन के लिए संतुलित और समन्वित रणनीतियाँ अपनाना अत्यंत आवश्यक है, क्योंकि कोल फसलों में गंधक की मांग अपेक्षाकृत अधिक होती है। इस समस्या से निपटने के लिए गंधक युक्त उर्वरकों का संतुलित उपयोग, जैविक खादों की वापसी और मिट्टी संरक्षण उपायों को प्राथमिकता देना चाहिए। उदाहरण स्वरूप, अमोनियम सल्फेट, सिंगल सुपर फॉस्फेट, पोटैशियम सल्फेट, जिप्सम एवं सल्फर-कोटेड यूरिया जैसे उर्वरकों का प्रयोग किया जा सकता है। गोबर खाद, कम्पोस्ट, हरी खाद तथा फसल अवशेष जैसे जैविक स्रोत मिट्टी में कार्बनिक गंधक बढ़ाकर इसकी उपलब्धता बनाए रखने में सहायक होते हैं। साथ ही, सल्फर ऑक्सीडाइज करने वाले सूक्ष्मजीव (Thiobacillus spp.) का प्रयोग भी प्रभावी पाया गया है, क्योंकि ये मूल गंधक को पौधों के लिए उपलब्ध सल्फेट रूप में बदल देते हैं।

इसके अतिरिक्त, फसल चक्र और मिश्रित फसल प्रणाली गंधक की मांग और आपूर्ति के बीच संतुलन बनाए रखने में मदद करती हैं। चूंकि कोल फसलों की ऊपरी मिट्टी में पोषक तत्वों की सघनता अधिक होती है, इसलिए कंटूर खेती, मल्चिंग और कवर क्रॉपिंग जैसी मिट्टी संरक्षण तकनीकें गंधक की हानि को रोकने में प्रभावी साबित होती हैं। अंततः, मिट्टी परीक्षण पर आधारित उर्वरक प्रबंधन सबसे महत्वपूर्ण रणनीति है, जिसके आधार पर फसलों की वास्तविक आवश्यकता के अनुसार गंधक की मात्रा और स्रोत का चयन किया जा सकता है। अकार्बनिक, जैविक एवं जैव-स्रोतों का संतुलित उपयोग तथा मिट्टी संरक्षण तकनीकों का समन्वय कोल फसलों में गंधक प्रबंधन के लिए प्रभावी मार्ग प्रदान करता है।

नवीनतम विकासों में नैनो-सल्फर तकनीक को उपयोगी पाया गया है। इसमें गंधक को नैनोमीटर आकार (1-100 nm) के कणों में परिवर्तित करके पौधों तक लक्षित, नियंत्रित आपूर्ति दी जाती है। कोल फसलों में इस तकनीक से पारंपरिक गंधक युक्त उर्वरकों की मात्रा कम की जा सकती है और लीचिंग लॉस व पोषक उपलब्धता से संबंधित चुनौतियाँ सुलझाई जा सकती हैं।

निष्कर्ष

गंधक कोल फसलों की वृद्धि और उनकी पौष्टिकता के लिए अनिवार्य पोषक तत्व है। यह प्रोटीन, अमीनो अम्ल, एंजाइम और क्लोरोफिल के निर्माण में आवश्यक होने के साथ-साथ ग्लूकोसिनोलेट्स जैसे जैव-सक्रिय यौगिकों के संश्लेषण से कैंसर रोधी एवं रोगाणुरोधी गुण भी प्रदान करता है। गंधक की कमी से उपज, गुणवत्ता और पौधों के स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव होता है। इस चुनौती का समाधान संतुलित और समन्वित प्रबंधन रणनीतियों में निहित है, जिसमें गंधक युक्त अकार्बनिक उर्वरक, जैविक खाद और माइक्रोबियल तकनीकें शामिल हैं। साथ ही नैनो सल्फर जैसी आधुनिक तकनीकें गंधक की लक्षित एवं नियंत्रित आपूर्ति सुनिश्चित कर सकती हैं, जिससे पोषक तत्वों का उपयोग एवं फसल उत्पादकता दोनों में सुधार संभव है। अतः पारंपरिक एवं आधुनिक दोनों विधियों का समन्वित उपयोग ही कोल फसलों में गंधक की पर्याप्त उपलब्धता, उच्च उपज, बेहतर गुणवत्ता और दीर्घकालिक मिट्टी स्वास्थ्य सुनिश्चित करने की कुंजी है।

● ● ●