# सतत समाधान: ड्रिप सिंचाई में बायोगैस स्लरी निस्पंदन के लिए वैचारिक ढांचा और प्रक्रिया विकास

रश्मी यादव और सुसामा सुधिश्री*

जल प्रौद्योगिकी केंद्र, आईसीएआर–भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, पूसा, नई दिल्ली
*अनुरूपी लेखकः प्रोफेसर और प्रधान वैज्ञानिक, उपाध्यक्ष, आईएसएई, दिल्ली चौप्टर,
ईमेलः susama.sudhishri2023@gmail.com

भारत के पास बायोमास, बायोगैस और अन्य नवीकरणीय स्रोतों सहित अपने मूल जैव ऊर्जा संसाधनों का दोहन करने की व्यापक क्षमता है। इन संसाधनों का दोहन करके, भारत आयातित जीवाश्म ईंधन पर अपनी निर्भरता और ग्रीनहाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन को कम कर सकता है। नवीकरणीय ऊर्जा और टिकाऊ जैव ऊर्जा स्रोतों के उपयोग का पक्ष लेने वाली पहल, जलवायु परिवर्तन को संबोधित करते हुए अपनी बढ़ती ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करने के भारत के प्रयासों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं।

## नवीकरणीय ऊर्जा परिदृश्य और बायोगैस उत्पादन में वृद्धि

विकासशील देशों में नवीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों को तेजी से अपनाने से उप–उत्पाद उत्पादन में अपेक्षित वृद्धि हुई है। भारत में बायोगैस, बायोमास, सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, लघु जलविद्युत और उभरती प्रौद्योगिकियों सहित विभिन्न महत्वपूर्ण नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत प्रमुखता से उपलब्ध हैं। बारहवीं पंचवर्षीय योजना (2012–2017) में, भारत सरकार ने राष्ट्रीय बायोगैस और खाद प्रबंधन कार्यक्रम (एनबीएमएमपी) के अन्तर्गत देश भर में 6.5 लाख बायोगैस संयंत्र स्थापित करने का लक्ष्य रखा है और इसके लिए रुपये 650 करोड का बजट आवंटित किया गया है। अनुमानित परिणाम प्रति दिन लगभग 1–6 घन मीटर बायोगैस और 4745 लाख घन मीटर बायोगैस का वार्षिक उत्पादन का है। इस कार्यक्रम के कार्यान्वयन में राज्य नोडल विभागों, एजेंसियों, खादी और ग्रामोद्योग आयोग (केवीआईसी), और बायोगैस विकास और प्रशिक्षण केंद्रों (बीडीटीसी) का सहयोग लिया जायेगा। बायोगैस के बढ़े हुए उत्पादन के साथ–साथ बायोगैस डाइजेस्ट का उत्पादन भी होता है, जिसका कुशलतापूर्वक उपयोग किया जा सकता है। उप–उत्पाद उपज इनपुट फीडस्टॉक के 5 प्रतिशत से 80 प्रतिशत तक होती है, जो उपयोग किए गए फीडस्टॉक के प्रकार पर निर्भर करती है, जिससे बायोगैस उत्पादन प्रक्रिया में आर्थिक और पर्यावरणीय लाभ के लिए पर्याप्त अवशेषों के प्रबंधन की आवश्यकता होती है (मोलर और मुलर, 2012)।

## पशुधन योगदान और बायोगैस घोल उत्पादन

इसमें कोई संशय नहीं कि भारत में पशुधन की संख्या काफी अधिक है, जो 2012 में कुल मिलाकर लगभग 512.05 मिलियन थी। पशुधन क्षेत्र भारतीय कृषि और ग्रामीण अर्थव्यवस्था में महत्वपूर्ण स्थान रखता है। लाखों लोगों की आजीविका बनाए रखने, खाद्य उत्पादन और आय सृजन में योगदान देता है। भारत में, प्रति वर्ष बड़ी मात्रा में बायोगैस स्लरी उत्पन्न होती है, जिसका उत्पादन प्रभावशाली रुप से 79.8 मिलियन टन तक पहुँच जाता

https://doi.org/10.52151/aet2024481.1729

है। कृषि उत्पादकता को बढ़ावा देने और किसानों को ठोस लाभ पहुँचाने की क्षमता को देखते हुए, जैविक उर्वरक का वित्तीय मूल्य वास्तव में उल्लेखनीय है।

## वर्तमान अपशिष्ट प्रबंधन प्रथाओं में चुनौतियाँ

राष्ट्रों से बायोगैस स्लरी की इस पर्याप्त मात्रा के परिणामस्वरूप नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों और टिकाऊ अपशिष्ट प्रबंधन प्रथाओं पर बल दिया जा रहा है। फिर भी, वर्तमान अनुप्रयोग और भंडारण विधियाँ, जैसे अपर्याप्त रूप से पंक्तिबद्ध मिट्टी की नालियाँ और गड्ढे, पाचन से पोषक तत्वों के नुकसान के संभावित संकट उत्पन्न करते हैं।

## बायोगैस घोल संरचना और कृषि लाभ

अवायवीय पाचन एक ऐसी प्रक्रिया है जो ऑक्सीजन की उपस्थिति के बिना कार्बनिक पदार्थों को तोड़ती है, जिससे बायोगैस और पोषक तत्व युक्त तरल उत्पन्न होता है, जिसे बायोगैस स्लरी के रूप में जाना जाता है। बायोगैस घोल की विशिष्ट संरचना में 1.5 प्रतिशत नाइट्रोजन (एन), 1.1 प्रतिशत फॉस्फोरस (पी), और 1 प्रतिशत पोटेशियम (के) (एसएनवी, 2011) उपस्थित होते हैं। 93 प्रतिशत पानी और 7 प्रतिशत शुष्क पदार्थ, 4.5 प्रतिशत कार्बनिक और 2.5 प्रतिशत अकार्बनिक पदार्थों से युक्त इस उप–उत्पाद में नाइट्रोजन, फास्फोरस, पोटेशियम जैसे आवश्यक पोषक तत्व और पौधों के विकास के लिए महत्वपूर्ण सूक्ष्म पोषक तत्व हैं। किसान फसलों को खाद देने के लिए अकेले या अन्य जैविक और सिंथेटिक उर्वरकों के साथ बायोस्लरी का उपयोग कर सकते हैं।

## नाइट्रोजन हानि और पर्यावरणीय प्रभाव चुनौतियों का समाधान करना

बायोस्लरी मिट्टी की उर्वरता और संरचना में योगदान देता है, जल धारण क्षमता को बढ़ाता है और समग्र मिट्टी के स्वास्थ्य को बढ़ावा देता है, जिसके परिणामस्वरूप फसल के उत्पादन में वृद्धि होती है। फार्मयार्ड खाद (FYM) और कम्पोस्ट खाद जैसे पारंपरिक उर्वरकों की

तुलना में, बायोस्लरी पौधों के लिए आसानी से सुलभ पोषक तत्व और सूक्ष्म पोषक तत्व प्रदान करता है। हालाँकि, जमीन पर घोल वितरित करने या सीधे फैलाने पर नाइट्रोजन की हानि को लेकर चिंता है। नाइट्रोजन, विशेष रूप से अपने नाइट्रेट रूप में, अत्यधिक घुलनशील है और जल निकायों में प्रवेश कर सकती है, जिससे जलीय पारिस्थितिकी तंत्र और मानव स्वास्थ्य के लिए संकट हो सकता है। नाइट्रोजन हानि की सीमा विभिन्न कारकों पर निर्भर करती है, जिसमें मिट्टी में नाइट्रेट सांद्रता, जल निकासी, मौसमी प्रबंधन, मिट्टी की जुताई, उर्वरक अभ्यास, मिट्टी की विशेषताएं, फसल पोषक तत्व अवशोषण और वर्षा और सिंचाई जैसी मौसम की स्थिति सम्मिलित हैं। नाइट्रोजन हानि को कम करने और पर्यावरणीय प्रभावों को कम करने के लिए इन कारकों का प्रबंधन करना महत्वपूर्ण है।

भारत ग्रीनहाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन से संबंधित महत्वपूर्ण चुनौतियों से जूझ रहा है, जो मुख्य रूप से तेजी से आर्थिक विकास और बढ़ती ऊर्जा माँगों से प्रेरित है। जीएचजी उत्सर्जन में सबसे बड़े वैश्विक योगदानकर्ताओं में से एक के रूप में, देश को उल्लेखनीय पर्यावरणीय प्रभावों का सामना करना पड़ता है। अपशिष्ट और कृषि क्षेत्र भारत में जीएचजी उत्सर्जन के प्रमुख स्रोतों के रूप में सामने आते हैं। ठोस अपशिष्ट, अपशिष्ट जल उपचार और लैंडफिल गतिविधियों सहित अपशिष्ट प्रबंधन से उत्सर्जन, अवायवीय स्थितियों में कार्बनिक अपशिष्ट के अपघटन के दौरान मीथेन की मुक्त करने से उत्पन्न होता है। श्रेष्ठतर अपशिष्ट प्रबंधन प्रथाओं को लागू करना और अपशिष्ट–से–ऊर्जा प्रौद्योगिकियों को अपनाना इस क्षेत्र से उत्सर्जन को कम करने के लिए आवश्यक रणनीतियाँ हैं।

## जलवायु-स्मार्ट कृषि पद्धतियाँ और प्रजनन समाधान

कृषि क्षेत्र का, भारतीय जनसंख्या के एक बड़े भाग को समर्थन देने तथा जीएचजी उत्सर्जन करने में महत्वपूर्ण योगदान है। जलवायु–स्मार्ट

fp= 1% ck;kxSl ?kkyu fuLinu vkj fMi ik"k.k dk n'kku okyk çokg vkj[k

कृषि पद्धतियों का पालन करना, जैसे कि चावल गहनता की वैकल्पिक प्रणाली और जैविक खेती को बढ़ावा देना, उत्सर्जन में कमी द्वारा महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। इन चुनौतियों का समाधान करने के लिए, नाइट्रोजन फसल अवरोधन को अनुकूलित करना और उचित समय पर सही पोषक तत्व प्रदान करना महत्वपूर्ण है।

## ड्रिप पोषण: कृषि में परिवर्तनकारी दृष्टिकोण

फर्टिगेशन, सिंचाई प्रणालियों के माध्यम से उर्वरकों का अनुप्रयोग, इस उद्देश्य को प्राप्त करने और नाइट्रोजन हानि को कम करने के लिए एक व्यवहार्य तरीका है (किउ, एक्स व अन्य 2022)। इसके अलावा, फर्टिगेशन के माध्यम से घोल लगाने से अमोनिया उत्सर्जन, भूजल में नाइट्रोजन के रिसाव, और रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता को कम करके, पर्यावरण पर सकारात्मक प्रभाव डाला जा सकता है। हालाँकि, संभावित नकारात्मक प्रभावों को कम करते हुए लाभ को अधिकतम करने के लिए घोल के प्रकारों और विवेकपूर्ण प्रबंधन प्रथाओं पर सावधानीपूर्वक विचार करना आवश्यक है। बायोगैस घोल का तरल अंश एक आशाजनक विकल्प के रूप में उभरा है, जो कार्बनिक पदार्थों के अवायवीय टूटने से प्राप्त कार्बन और पोषक तत्वों से समृद्ध है (यिन व अन्य, 2019)। इस तरल अंश का उपयोग न केवल मिट्टी की उर्वरता और फसल उत्पादकता को बढ़ाता है बल्कि द्वितीयक प्रदूषण को भी प्रभावी ढंग से संबोधित करता है। हालाँकि, ड्रिप सिंचाई के माध्यम से मवेशियों के घोल को लगाने से घोल टैंकों की बड़ी क्षमता और सिंचाई प्रणाली में रुकावट और बायोफिल्म निर्माण जैसे मुद्दों के कारण चुनौतियाँ आती हैं। अत्यधिक पोषक तत्वों के हानि से बचते हुए खुराक का सटीक प्रबंधन करना और फसल अवरोधन को अधिकतम करना जटिल हो जाता है। इन चुनौतियों के बाद, ड्रिप सिंचाई में घोल का उपयोग करने से रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम, संभावित रूप से लागत में बचत और पर्यावरणीय प्रभाव कम हो सकता है। घोल के साथ ड्रिप सिंचाई पानी को सीधे जड़ क्षेत्र तक पहुँचा कर पानी का संरक्षण करती है, जिससे पानी की हानि कम होती है। इसके अतिरिक्त, जैविक कचरे से प्राप्त घोल, अपशिष्ट प्रबंधन में योगदान देता है और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करता है।

## ड्रिप पोषण के साथ जल और पोषक तत्व उपयोग दक्षता बढ़ाना

पोषण, सिंचाई के माध्यम से पोषक तत्वों का अनुप्रयोग, फसल के पोषण को प्रभावी ढंग से बढ़ाता है। ड्रिप सिंचाई के माध्यम से बायोगैस घोल का उपयोग करते समय, जिसे ''ड्रिप पोषण'' के रूप में जाना जाता है, यह और भी अधिक प्रभावशाली हो जाता है। हालाँकि, इस प्रणाली की दीर्घकालिक

दक्षता मैलापन और ठोस सामग्री से संबंधित तरल अंश की गुणवत्ता पर बहुत अधिक निर्भर करती है। अनुसंधान ने सुझाव दिया कि अपरंपरागत जल स्रोत, जैसे पुनः प्राप्त पानी, पारंपरिक स्रोतों की तुलना में ड्रिप सिस्टम को अधिक नुकसान पहुँचा सकते हैं। बायोगैस स्लरी तरल अंश को अपरंपरागत मानते हुए, इसकी जटिल संरचना उत्सर्जकों पर उच्च एंटी–क्लॉगिंग मांग रखती है। लंबे समय तक उपयोग से रुकावट का संकट बढ़ जाता है, जिससे सिस्टम का समग्र हाइड्रोलिक प्रदर्शन कम हो जाता है। इन के समाधान के लिए, बायोगैस स्लरी तरल अंश का पूर्व–उपचार आवश्यक है। फिल्टरिंग या डीवाटरिंग तंत्र का उपयोग करने वाली यह प्रक्रिया, बड़े कणों और ठोस सामग्री को हटा देती है, जिससे घोल ड्रिप पोषण के लिए उपयुक्त हो जाता है। पूर्व–उपचार यह सुनिश्चित करता है कि उपयोग किया गया तरल संभावित अवरोधी एजेंटों से मुक्त है, जिससे कुशल पोषक प्रवाह बना रहता है। यह फिल्टर किया हुआ या पानी निकाला हुआ तरल उच्च गुणवत्ता वाला, अच्छी तरह से संतुलित पोषक तत्वों से भरपूर उर्वरक बन जाता है, जो सिंचाई प्रणाली की दक्षता से समझौता किए बिना मिट्टी की उर्वरता और फसल उत्पादकता को बढ़ावा देता है। पूर्व–उपचार पोषक तत्व सामग्री पर श्रेष्ठतर नियंत्रण की अनुमति देता है, जिससे विशिष्ट फसल आवश्यकताओं के आधार पर अनुरूप अनुप्रयोग दर सक्षम हो जाती है। यह लक्षित दृष्टिकोण पोषक तत्वों के ग्रहण को अनुकूलित करता है, हानि को कम करता है और टिकाऊ

कृषि पद्धतियों में योगदान देता है। ड्रिप सिंचाई में बायोगैस घोल का तरल अंश एक परिवर्तनकारी यात्रा का प्रतिनिधित्व करता है जो भूमि से प्रयोगशाला तक उद्योग तक पूरे चक्र को जोड़ता है। कृषि भूमि से आरम्भ होकर जहाँ कार्बनिक पदार्थ अवायवीय पाचन से गुजरते हैं, बायोगैस घोल पोषक तत्वों से भरपूर एक मूल्यवान उप–उत्पाद बन जाता है। प्रयोगशाला विश्लेषण और इसकी पोषक सामग्री के अध्ययन के माध्यम से, यह एक बहुमूल्य जैविक उर्वरक के रूप में उभरा है, जिससे यह ड्रिप सिंचाई के लिए एक आदर्श बन गया। चूंकि बायोगैस घोल के तरल अंश को ड्रिप सिस्टम के माध्यम से प्रवाहित किया जाता है, यह प्रयोगशाला और औद्योगिक दोनों क्षेत्रों में नवाचार को बढ़ावा देने वाला एक महत्वपूर्ण संसाधन बन जाता है। ड्रिप सिस्टम के साथ अनुकूलता सुनिश्चित करने के लिए पोषक तत्व सामग्री को अनुकूलित करने और निस्पंदन तकनीक विकसित करने पर ध्यान केंद्रित किया गया है, साथ ही उद्योग कृषि उत्पादकता बढ़ाने के लिए इसकी टिकाऊ विशेषताओं का लाभ उठा रहे हैं। ड्रिप सिंचाई में बायोगैस घोल का एकीकरण भूमि आधारित जैविक अपशिष्ट प्रबंधन, वैज्ञानिक प्रगति और औद्योगिक अनुप्रयोगों के एक सहज मिश्रण का उदाहरण देता है, जो कृषि के लिए एक टिकाऊ और परिपक्व दृष्टिकोण को बढ़ावा देता है। ड्रिप पोषण में बायोगैस डाइजेस्ट के तरल अंश का प्रभावी ढंग से उपयोग करने की चुनौती को संबोधित करते हुए, लेखकों ने बायोगैस डाइजेस्ट के तरल अंश से बड़े कणों और ठोस सामग्री को हटाने के लिए एक विशेष कैस्केड फिल्टर प्रणाली विकसित की है। 2.3 के लाभ : लागत अनुपात के साथ इस अभिनव निस्पंदन प्रक्रिया से पता चला कि अंतिम निस्पंदन ड्रिप सिंचाई प्रणालियों में एकीकरण के लिए उपयुक्त है। इस दृष्टिकोण की सफलता को सब्जी की फसल के लिए कैस्केड फिल्टर सिस्टम से प्राप्त निस्पंद के परीक्षण के माध्यम से प्रदर्शित किया गया है। फिल्टर किए गए बायोगैस डाइजेस्ट को ड्रिप में लागू करने से सकारात्मक परिणाम देखे गए हैं। जैविक खेती के माध्यम से फसल उत्पादकता, पोषक तत्व ग्रहण, मिट्टी का स्वास्थ्य और कृषि पद्धतियों में समग्र स्थिरता प्राप्त होती है।

**सन्दर्भ:**

1. Moller, K., Müller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: a review. Engineering in Life Sciences.12:242–257.
2. SNV. (2011). Technology and Mass- Dissemination Experiences from Asia. Biogas compact course, PPRE- Oldenburg University. April 26 – 28.
3. Yin, G., Wang, X., Du, H., Shen, S., Liu, C., Zhang, K., Li, W., (2019). N2O and CO2 emissions, nitrogen use efficiency under biogas slurry irrigation: A field study of two consecutive wheat-maize rotation cycles in the North China Plain. Agricultural Water Management. 212:232-240. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.038.
4. Qiu, X.; Wang, J.; Wang, H.; Wang, C.; Sun, Y.; Li, G. (2022).Elimination of Clogging of a Biogas Slurry Drip Irrigation System Using the Optimal Acid and Chlorine Addition Mode. Agriculture. 12: 777. https://doi.org/10.3390/agriculture12060777