डायरेक्ट बिजाई तकनीक का उपयोग कर धान के अवशेषों का प्रबंधन

दिलवर सिंह परिहार[1] अपूर्व प्रकाश[2] संतोष कुमार[3] अनूप दीक्षित[4] अमित कुमार[5]

[1]शोध छात्र, [2–3] वैज्ञानिक, [4]प्रधान वैज्ञानिक,
फार्म मशीनरी एवं पावर इंजीनियरिंग (शक्ति अभियांत्रिकी), पंजाब कृषि विश्वविद्यालय, लुधियाना. 141004
[5]शोध छात्र, फार्म मशीनरी एवं पावर इंजीनियरिंग(शक्ति अभियांत्रिकी), के.सी.ए.ई.टी., केरल कृषि विश्वविद्यालय, त्रिशूर, केरल 680656.
अनुरूपी लेखक: author: Dilwar-fmpe@pau.edu

सारांश

भारतीय गंगा का मैदानी क्षेत्र (आई.जी.पी.) दक्षिण एशिया में स्थित एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है जो उपजाऊ कृषि भूमि और एक विविध पारिस्थितिकी तंत्र से समृद्ध है। आईजीपी के भारतीय क्षेत्र में धान –गेहूं (आरडब्ल्यू) फसल प्रणाली प्रमुख है। कम्बाइन हारवेस्टर से धान की क्षेत्र की कटाई लगभग पूरी हो जाती है, जिससे भूसे (डंठलों) का बड़ा हिस्सा छूट जाता है। धान के अवशेषों को अक्सर जला दिया जाता है क्योंकि छोटी अवधि में बड़ी मात्रा में पुआल का प्रबंधन करना मुश्किल काम होता है। इसके अलावा, खुला पुआल अगली फसल के लिए जुताई और बुवाई के कार्यों में बाधा डालता है। खेत में फसल अवशेषों को बनाए रखने से मिट्टी के पोषक तत्वों के भंडार और कार्बनिक पदार्थों की भरपाई हो सकती है, जो स्थायी धान –गेहूं (आरडब्ल्यू) उत्पादन में योगदान करते हैं। इसलिए, धान के ठूंठ के खेत में गेहूं बोने के लिए अलग–अलग सीडर उपलब्ध हैं जो फसल के अवशेषों को जलाने के साथ–साथ अवशेषों के प्रबंधन के लिए कई जुताई के संचालन से बचाते हैं। हैप्पी सीडर, जीरो टिल ड्रिल, स्थानिकी स्पेशियल) टिल ड्रिल, स्मार्ट सीडर और सुपर सीडर जैसी मशीनरी किसानों के बीच धान की ठूंठ की स्थिति में गेहूं की समय पर बुवाई के लिए लोकप्रियता हासिल कर रही है। सुपर स्ट्रॉ मैनेजमेंट सिस्टम (सुपर एसएमएस) अर्थात् उत्तम पुआल प्रबंधन प्रणाली का उपयोग उपरोक्त प्रत्यक्ष बोने वाली मशीनों के सुचारू संचालन के लिए यथापूर्व जरूरी है। हालांकि, ज्ञान की कमी और मशीनरी की उच्च लागत के कारण इन तकनीकों को अपनाना अभी भी वांछित स्तर तक नहीं पहुंचा है।

प्रमुख शब्द (कीवर्ड): सीधी बिजाई (डायरेक्ट सीडिंग), हैप्पी सीडर, जीरो टिल ड्रिल, संरक्षण कृषि, धान अवशेष ।

परिचय

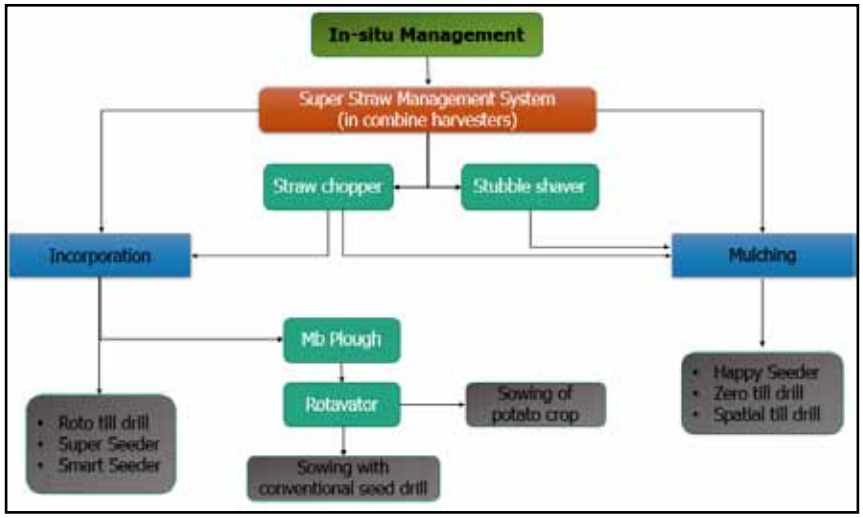
धान–गेहूं (आर.डब्ल्यू) का रोटेशन सिस्टम अर्थात् चक्रीय प्रणाली दुनिया की 20 प्रतिशत से अधिक आबादी के लिए भोजन का एक स्थिर स्रोत प्रदान करता है। एशिया में, आर.डब्ल्यू. प्रमुख कृषि उत्पादन प्रणालियों में से एक है, जो लगभग 18 मिलियन हेक्टेयर में व्याप्त है, जिसमें से 13.5 मिलियन हेक्टेयर बांग्लादेश, भारत, नेपाल और पाकिस्तान के भारतीय गंगा के मैदानों (आई.जी.पी.) में हैं (दाऊ और अन्य 2004)। यांत्रिक कटाई (कम्बाइन हारवेस्टर) भारत के धान और गेहूं उगाने वाले क्षेत्रों, विशेषकर पंजाब, हरियाणा और पश्चिमी उत्तर प्रदेश में फसलों की समय पर कटाई के लिए पसंदीदा तरीका है। कंबाइन हार्वेस्टर खेत में खुले पुआल का एक बड़ा हिस्सा छोड़ देते हैं और धान की कटाई और गेहूं की बुवाई के बीच नैरो विन्डो पीरियड अर्थात् संकीर्ण खिड़की अवधि के कारण आरडब्ल्यू प्रणाली के साथ इस भारी बोझे का प्रबंधन प्रमुख समस्या है (ठाकुर एवं अन्य 2018)। उच्च श्रम लागत के कारण, खेत में पुआल का हाथों से संग्रह लाभदायक नहीं है। इसलिए, वैश्विक स्तर पर विशेष रूप से एशियाई क्षेत्र में खुले पुआल और ठूंठ का एक बड़ा हिस्सा जलाया गया (चित्र 1)। यद्यपि प्रदूषण

https://doi.org/10.52151/aet2022464.1610

तालिका 1: अवशेष प्रबंधन विधियों के लाभों की तुलना में अवशेषों को जलाने का प्रतिकूल प्रभाव

	अवशेष जलाने का प्रतिकूल प्रभाव		*अवशेष प्रबंधन के लाभ*	
मृदा स्वास्थ्य	अवशेषों को जलाने से मिट्टी का तापमान 33.8–42.2 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाता है, जिससे कीड़े और सूक्ष्मजीव मर जाते हैं	अहमद एवं अन्य, 2014	धान अवशेष प्रतिधारण कार्बनिक कार्बन और शीर्ष मिट्टी (5–15 सेमी) में कुल नाइट्रोजन स्तर बढ़ाते हैं और मिट्टी नाइट्रेट एकाग्रता को 46 प्रतिशत, नाइट्रोजन उपयोग को 30 प्रतिशत तक बढ़ाते हैं।	मंडल एवं अन्य 2004.
	मिट्टी में 23–73 प्रतिशत नाइट्रोजन उच्च मिट्टी के तापमान पर हटा दी जाती है।	गुप्ता एवं अन्य, 2004	मल्च(गीली घास) ने मिट्टी की नमी को अधिक गहरे स्तर पर बनाए रखा, जिसके परिणामस्वरूप जड़ की लंबाई 40 प्रतिशत अधिक हो गई।	सिंह एवं सिधु 2014
	उच्च तापमान के कारण मिट्टी की लाभकारी माइक्रोबियल आबादी 2.5 सेंटीमीटर की गहराई तक घट जाती है।	सिंह एवं अन्य, 2010	मिट्टी की सतह पर फसल अवषेशों की मात्रा बढ़ने से वाष्पीकरण सीमित हो जाता है।	गिल और जलोटा, 1996
	अवशेष जलाने से मिट्टी से लगभग 824 हजार मीट्रिक टन नाइट्रोजन, पोटेशियम और फास्फोरस तत्व निकल जाते हैं।	गुप्ता एवं अन्य, 2004	धान के भूसे की गीली घास ने फसल के पानी के उपयोग को 3–11 प्रतिशत तक कम कर दिया और बिना मल्च की तुलना में पानी के उपयोग की दक्षता को 25 प्रतिशत तक बढ़ा दिया।	चक्रक्रर्ती एवं अन्य, 2010.
फसल उत्पादन	धान के भूसे को जलाने से 80 किग्रा हेक्टेयर–1 नाइटोजन, 184 किग्रा हेक्टेयर–1 फॉस्फोरस, और 109 किलोग्राम हेक्टेयर–1 पोटेशियम की बड़ी हानि होती है।	जाट एवं अन्य, 2013	हैप्पी सीडर के साथ खेतों में गेहूं की बुवाई और धान के भूसे को शामिल करने के बाद धान की भूसी (0.42 प्रतिशत) के बिना पारंपरिक बुवाई में एसओसी की तुलना में अनाज की उपज में समग्र वृद्धि के साथ क्रमशः उच्च एसओसी, यानी 0.65 प्रतिशत और 0.68 प्रतिशत प्रदर्शित किया गया।	कांग एवं अन्य 2019
	फसल अवशेषों को जलाने से प्रति वर्ष 26.1 मीट्रिक टन कार्बन और 0.35 मीट्रिक टन नाइट्रोजन का उत्सर्जन होता है।	सहाय एवं अन्य 2011	अवशेषों को जलाए जाने या हटाए जाने की तुलना में अवशेष प्रतिधारण गेहूं की उपज में 14.8–18.6 प्रतिशत तक सुधार करता है।	लधा एवं अन्य 2011
	अवशेषों को जलाने से मिट्टी के पोषक बजट और संसाधनों की हानि पर प्रभाव पड़ता है, कटाई तकनीक में प्रगति और धान–गेहूं प्रणाली के दीर्घकालिक प्रबंधन की आवश्यकता होती है।	सिंह एवं अन्य, 2010	चावल के भूसे की मल्चिंग (7.5 tha^{-1}) से पत्तेदार और घास के खरपतवार के घनत्व में क्रमशः 34.4 और 7.1 प्रतिशत की कमी आई।	बरार एवं वालिया 2008
मानव स्वास्थ्य	धान के पुआल और ठूंठ को जलाने से मानव स्वास्थ्य पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है, विशेष रूप से महिलाओं, शिशुओं और गंभीर बीमारियों वाले लोगों के लिए।	गद्दे एवं अन्य, 2009	.	.
	धान के अवशेषों को जलाने से खांसी, वातस्फीति(एमफाइसेमा), अस्थमा, ब्रोंकाइटिस, आंखों में जलन, कॉर्नियल अपारदर्शिता और त्वचा की बीमारियां जैसे स्वास्थ्य संबंधी परिणाम होते हैं।	घोष एवं अन्य, 2019	.	.
	छोटे निलंबित कणों (पीएम2.5) का श्वसन (इन्हेलेशन) अस्थमा को ट्रिगर करता है और श्वसन संकट के लक्षणों को बढ़ा सकता है।	सग्गू एवं अन्य, 2018	.	.
वायु गुणवत्ता	हर साल दुनिया भर में 3.3 मिलियन लोग वायु प्रदूषण के कारण अप्रत्याशित रूप से मर जाते हैं। यदि जीएचजी उत्सर्जन बढ़ना जारी रहा तो यह 2050 तक तिगुना हो जाएगा।	ओईसीडी 2016	सतह मल्च के रूप में धान के भूसे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को मोटे तौर पर 13 टन/हेक्टेयर तक कम कर सकते हैं।	मण्डल एवं अन्य 2004
			पंजाब में औसत वायु गुणवत्ता ग्रेडिंग 2017 (एक्यूआरई: 221) में खराब से मध्यम 2018(101), 2019 (130), 2020 (145) और 2021 (129) में सुधार हुआ है।	नारंग एवं अन्य, 2021

और स्वास्थ्य जोखिमों के कारण अधिकांश धान उगाने वाले देशों में इसे प्रतिबंधित कर दिया गया है, तथापि किसान इसे जला देते हैं क्योंकि यह सस्ता और सुविधाजनक है (सिंह एवं अन्य 2021)। भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान (आई.ए.आर.आई.) के अनुसार, भारत में हर साल उत्पन्न होने वाले 22 मीट्रिक धान के ठूंठ (लगभग 63.6 प्रतिशत) में से लगभग 14 मिलियन टन (मीट्रिक) को आग लगा दी जाती है (अब्दुर्रहमान और अन्य 2020)। उत्पादन लागत को कम करने और अंततः मिट्टी की उत्पादकता में सुधार करने के लिए कटाई वाले खेत में गेहूं की सीधी बुवाई करके धान के भूसे का इन–सीटू प्रबंधन प्राप्त किया जा सकता है। पारंपरिक सीड ड्रिल गेहूं की सीधी बुवाई में वांछित स्तर तक प्रदर्शन करने में असमर्थ हैं क्योंकि खुले भूसे और खड़े ठूंठ फरो ओपनर्स को चोक कर देते हैं (परिहार और अन्य 2022)। इन चिंताओं को दूर करने के लिए, सीधे गेहूं बोने के



आकृति 1. प्रचलित इन–सीटू धान अवशेष प्रबंधन प्रौद्योगिकियां

साथ धान के अवशेषों के प्रबंधन के लिए इन–सीटू मशीनरी एक व्यवहार्य विकल्प साबित हो सकती है जो खुले खेत में जलाने को प्रतिबंधित करती है। इन मशीनरी में उप–सतह प्रतिधारण या निगमन के साथ मल्च के रूप में अवशेषों को काटना और फैलाना शामिल है। तकनीकी रूप से, इन–सीटू प्रबंधन के दोनों तरीके खेत में फसल अवशेषों को बनाए रखकर मिट्टी में जैविक सामग्री को बेहतर बनाने में मदद करते हैं। इसलिए, इस संचार में कुछ प्रचलित प्रत्यक्ष बोने वाली मशीन पर चर्चा करने का प्रयास किया गया है जो एक साथ धान के भूसे का प्रबंधन करती है।

धान अवशेष प्रबंधन

जलाने के अलावा अवशेष प्रबंधन विधियों के लाभों के साथ–साथ मिट्टी, वायु, पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य पर अवशेषों को जलाने का प्रतिकूल प्रभाव तालिका 1 में दिखाया गया है।

अध्ययनों के अनुसार, बड़ी मात्रा में कृषि अवशेषों को उसी स्थान पर जलाया जाता है, इन प्रथाओं से ग्लोबल वार्मिंग, वायु प्रदूषण, मिट्टी की उर्वरता में कमी, और दीर्घकालिक मानव और पशु रोग जैसे गंभीर पर्यावरणीय समस्याएं हो सकती हैं।

प्रत्यक्ष बीजारोपण के लिए प्रचलित प्रौद्योगिकियां

इन मशीनों (चित्र 1 और 2) का उपयोग धान के पुआल के खेत में गेहूँ की सीधी बिजाई के लिए या खुले पुआल को हटाने के लिए किया जा सकता है। यह न केवल पराली को सीधे जलने से बचाता है बल्कि मिट्टी के स्वास्थ्य में सुधार के लिए बायोमास का उपयोग भी करता है।

1. पुआल प्रबंधन प्रणाली (स्ट्रॉ मैनेजमेंट सिस्टम)

वर्ष 2016 में पीएयू लुधियाना द्वारा विकसित सुपर एसएमएस कंबाइन हार्वेस्टर के लिए एक अटैचमेंट है। यह अटैचमेंट हारवेस्टर के पिछले हिस्से से निकलने वाले खुले(लूज) पुआल को काटता है और समान रूप से खेत में फैलाता जाता है। सीधे बोने वाली मशीनरी के सुचारू संचालन के लिए कंबाइन हार्वेस्टर से यह अटैचमेंट पूर्व–आवश्यकता है क्योंकि यह खेत में खुले पुआल को समान रूप से फैलाने में मदद करता है जिसके परिणामस्वरूप अच्छी फसल निकलती है और स्थापना होती है।

आकृति 2. फसल अवशेषों की विभिन्न प्रत्यक्ष बुवाई तकनीकें

2. जीरो टिल ड्रिल

यह किसानों को धान के अवशेषों के खेत में सीमित मिट्टी की गड़बड़ी के साथ फसल बोने की अनुमति देता है। इसका उपयोग गेहूं के बीजों को सीधे धान के खड़े ठूंठों में ड्रिल करने के लिए किया जाता है। जीरो–टिल–ड्रिल समय और ऊर्जा–गहन पारंपरिक जुताई के संचालन को कम करता है जिससे खेती की लागत कम हो जाती है। इस मशीन को रेक और बेलर मशीन का उपयोग करके पुआल के संग्रह के बाद भी संचालित किया जा सकता है। इस मशीन को चलाने के लिए 35 एच.पी. या उससे अधिक के ट्रैक्टर की आवश्यकता होती है और खेत की क्षमता 0.34 से 0.4 ्रेध के बीच होती है।

3. हैप्पी सीडर

हैप्पी सीडर सबसे व्यापक रूप से अपनाई जाने वाली संसाधन संरक्षण तकनीक है जो धान के अवशेषों के खेत में गेहूं की सीधी बुवाई में सहायक होती है। फसल के अवशेषों को सतही गीली घास के रूप में बनाए रखते हुए इसका उपयोग एक पास में कंबाइन–हार्वेस्टेड खेत में बुवाई के लिए किया जाता है। इसके अलावा, तकनीक पानी के उपयोग को भी कम करती है, सीडबेड तैयार करने में होने वाले खर्च को बचाती है और उत्पादकता को बढ़ाती है। यह पी.टी.ओ. संचालित मशीन 45 एच.पी. के ट्रैक्टर के साथ संचालित की जा सकती है और 0.2 से 0.3 ha/h कवर करती है।

4. स्थानिक टिल ड्रिल (सपेशियल टिल ड्रिल)

यह मशीन पुआल चॉपर के संचालन के बाद धान की कटाई वाले खेत में गेहूं की फसल की बुवाई करने में सक्षम बनाती है। स्थानिक ड्रिल जीरो टिल ड्रिल के समान है, अंतर केवल तीन पंक्तियों में फरो ओपनर्स की व्यवस्था है। यह व्यवस्था ढीली पुआल को पास के दो फरो ओपनर्स के बीच से गुजरने देती है, इस प्रकार यह उन्हें चोक होने से बचाती है। इस मशीन फील्ड क्षमता लगभग 0.35 हेक्टेयर/घंटा है और इसे 40 एचपी ट्रैक्टर या उससे ऊपर के द्वारा संचालित किया जा सकता है।

5. रोटो टिल ड्रिल

रोटरी–टिल ड्रिल एक सिंगल–पास सोइल पल्वराइजेशन (मृदा चूर्णीकरण) और बीज बोने की मशीन है। ऑपरेशन के दौरान यह मशीन गेहूं के बीजों को बिखेरते समय एक साथ खड़े ठूंठ (स्टबल) और खुल (ढीले) भूसे को शामिल करती है। गेहूं की बुआई एक ही ट्रैक्टर से पूरी हो जाती है, जिससे ईंधन की बचत होती है और खेत की पारंपरिक तैयारी में समय लगता है। यह मशीन 45 एच.पी. या उससे अधिक के ट्रैक्टर के साथ संचालित की जा सकती है और 0.38 ha/h कवर करती है।

6. सुपर सीडर

इस मशीन में मिट्टी में धान के भूसे को शामिल करने के लिए एल आकार के ब्लेड वाले रोटर होते हैं और गेहूं की सीधी बुवाई के लिए एक बोने की इकाई होती है। यह मशीन डिस्क टाइप सीडिंग अटैचमेंट के साथ रोटो टिल ड्रिल का संयोजन है। इसे 0.22–0.27 ha/h की क्षेत्र क्षमता वाले 55 एच.पी. या उससे अधिक ट्रैक्टर द्वारा संचालित किया जा सकता है।

7. स्मार्ट सीडर

मशीन पंक्तियों में पट्टी जुताई करके पुआल के हिस्से को मिट्टी में शामिल करती है और पुआल के षेश हिस्से को अवशेष मल्च के रूप में सतह पर छोड़ दिया जाता है। गेहूं की एक साथ बुवाई पंक्तियों में की जाती है जहां स्ट्रिप टिलेज अर्थात् पट्टी जुताई ऑपरेशन की जाती है। मल्च के रूप में सतह पर छोड़े गए पुआल अन्य तरीकों की तुलना में खरपतवार को कम करता है। इसे 45 एच.पी. या उससे अधिक के ट्रैक्टर के साथ संचालित किया जा सकता है और क्षेत्र की क्षमता 0.38 से 0.4 ha/h तक भिन्न होती है।

तालिका 2: धान के पुआल प्रबंधन के विभिन्न विकल्पों के संचालन की लागत

तकनीक	विकल्प	लागत (रु./हैक्टेयर)
मल्चिंग (Mulching)	एस.एम.एस + हैप्पी सीडर	4294
	एस.एम.एस + स्मार्ट सीडर	3467
निगमन ;Incorpora-tion)	एस.एम.एस. + सुपर सीडर	6271
	चॉपर + वेट मिक्सिंग विद रोटावेटर + सीड ड्रिल	6917
	चॉपर + एमबीपी रोटावेटर प्लान्कर + सीड ड्रिल	11232
संग्रह (Collection)	स्टबल भोवर + रेक + बालेर + डिस्क हेरो कल्टीवेटर + प्लेन्कर + सीड ड्रिल	9234
परंपरागत (Conventional)	स्टबल भोवर + बर्निंग + डिस्क हेरो +कल्टीवेटर + प्लेन्कर सीड + ड्रिल	5534

इन–सीटू स्ट्रॉ प्रबंधन प्रथाओं का अर्थशास्त्र

तालिका 2 से यह देखा जा सकता है कि पुआल प्रबंधन प्रथाओं के अन्य तरीकों की तुलना में प्रत्यक्ष बुवाई तकनीकों के विभिन्न संयोजनों की समग्र परिचालन लागत बराबर है।

निष्कर्ष

फसल अवशेष, मुख्य रूप से धान के अवशेष, अभी भी किसानों द्वारा इसके न्यूनतम उपयोग और निपटान संबंधी समस्याओं के कारण अपशिष्ट माने जाते हैं। फसल अवशेषों के प्रबंधन के लिए कई कृषि उपकरण विकसित और अनुकूलित किए गए हैं। मिट्टी की भौतिक विशेषताओं को बढ़ाने, जैविक सामग्री और ईडाफिक कारकों में सुधार करने और अर्थव्यवस्था को प्रभावित करने के अलावा, इन तकनीकों ने ऊर्जा की खपत को कम किया है और अवशेषों को जलाने से रोका है। इन–सीटू अवशेष प्रबंधन इन मशीनरी पर अत्यधिक निर्भर है, क्योंकि वे धान जलाने के पारंपरिक तरीकों को अपने विवेकपूर्ण उपयोग में बदल देते हैं, जो सतत् (टिकाऊ) खेती में सहायता करता है। पंजाब में, इस अवधारणा ने उल्लेखनीय क्षमता और विकास दिखाया है जिसे अवशेष प्रबंधन समस्याओं का सामना कर रहे भारत के अन्य राज्यों में लागू किया जा सकता है।

संदर्भः

1. अब्दुर्रहमान एम आई, चाकी एस, और सैनी जी (2020)। पराली जलानाः स्वास्थ्य और पर्यावरण पर प्रभाव, विनियम और प्रबंधन पद्धतियां। पर्यावरण अग्रिम, 2, 100011।
2. अहमद टी, अहमद बी, (2014)। किसान धान के अवशेष क्यों जलाते हैं? पंजाब, पाकिस्तान में किसानों की पसंद की जांच। आईएसएसएन 1893–1891; WP76–13,
3. बराड़ ए एस, वालिया यू एस (2008)। फालारिस माइनर रेट्ज और गेहूँ (ट्रिटिकम एस्टीवम एल.) द्वारा पोषक तत्वों के ग्रहण पर धान अवशेष प्रबंधन तकनीकों और शाकनाशियों का प्रभाव। इंडियन जे. वीड साइंस. 40, 121–127।
4. चक्रवर्ती डी, गर्ग आर एन, तोमर आर के, सिंह आर, शर्मा एस के, सिंह आर के, त्रिवेदी एस एम, मित्तल आर बी, शर्मा पी के और कांबले के एच (2010)। अर्ध–शुष्क वातावरण, कृषि में सर्दियों के गेहूं (ट्रिटिकम ब्यूटीवम एल।) पर सिंथेटिक और जैविक मल्चिंग और नाइट्रोजन प्रभाव। जल प्रबंधन। 97(5)य738–748.
5. डावे डी, एस फ्रोकिंग, और सी ली। (2004)। चीन में धान –गेहूं क्षेत्र में रुझान। फील्ड फसलें रेस। 87:89दृ95.
6. गड्डे बी, मेनके सी, वास्मान आर (2009)। भारत, थाईलैंड और फिलीपींस में अक्षय ऊर्जा स्रोत के रूप में धान का भूसाः ऊर्जा योगदान और ग्रीनहाउस गैस शमन के लिए समग्र क्षमता और सीमाएं। बायोमास बायोएनेर्जी, 33(11), 1532–1546।
7. घोष पी, शर्मा एस, खन्ना आई, दत्ता ए, सुरेश आर, कुंडू एस, गोयल ए और दत्त डी (2019)। दक्षिण एशिया वायु प्रदूषण के लिए स्कोपिंग अध्ययन। ऊर्जा संसाधन। उदाहरण 153. https://www.gov.uk/dfid-research-outputs/scoping-study-for-south-asia-air-pollution.
8. गिल बी एस, जलोटा एस के (1996)। अवशेषों की दर, मिश्रण की गहराई, मिट्टी की बनावट और वाश्पीकरण के संबंध में मिट्टी से वाश्पीकरण। मृदा तकनीकी। 8,293–301।
9. गुप्ता पी के, सहाय एस, सिंह एन, दीक्षित सी के, सिंह डी पी, शर्मा सी (2004)। धान –गेहूं फसल प्रणाली में अवशेष जलानाः कारण और प्रभाव। वर्तमान विज्ञान भारत 87 (12) 1713–1715।
10. जाट एम एल, कंबोज बी आर, सिद्धू एच एस, सिंह एम, बाना ए, बिश्नोई डी के, गठला एम के (2013)। टर्बो हैप्पी सीडर के लिए परिचालन नियमावली – पर्यावरणीय प्रबंधन के साथ फसल अवशेषों के प्रबंधन के लिए प्रौद्योगिकी। कमेटि (2013)।
11. कंग जे एस, कौर जे और सिंह एच (2019)। कंबाइन काटे गए धान को जलाने से बचें और सफल गेहूं की फसल उगाएं। प्रोग्रेसिव फार्मिंग, 55 (11):7–8
12. लाधा जे के, गाथला एम के, सहरावत वाई एस, कुमार वी, शर्मा पी के (2011)। सात साल के धान –गेहूं के रोटेशन के तहत मध्यम बनावट वाली मिट्टी के भौतिक गुणों पर जुताई और फसल स्थापना के तरीकों का प्रभाव। मृदा विज्ञान। समाज। पूर्वाह्न। जे 75, 1851–1862।
13. मंडल के जी, मिश्रा ए के, कुंतल एम एच, बंद्योपाध्याय के के, घोष पी के, मोहंती। (2004)। एम धान अवशेषः प्रबंधन विकल्प और मिट्टी के गुणों और फसल उत्पादकता पर प्रभाव। खाद्य कृषि। वातावरण। 2: 224–231।
14. नारंग एम के, सिंह एम, मानेस जी एस, सिंह ए, सिंह एम, दीक्षित ए, वर्मा ए, गोयल आर, मेहता सीआर और बडेगांवकर यू (2021)। पंजाब में धान के पुआल प्रबंधन तकनीकों को अपनाना और पंजाब कृषि विश्वविद्यालय की भूमिका–एक सफलता की कहानी। फार्म इम्प्लीमेंट्स एंड मशीनरी, भाकृअनुप–केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, नबी बाग, बैरसिया रोड, भोपाल–462038, भारत में समन्वय सेल एआईसीआरपी द्वारा प्रकाशित। एक्सटेंशन बुलेटिन संख्याः CIAE/FIM/EB/2022/06
15. आर्थिक सहयोग और विकास संगठन (OECD)। (2016)। वायु प्रदूषण के आर्थिक परिणामों पर एक रिपोर्ट। पेरिस, फ्रांसः
16. परिहार, डी एस, डोगरा बी, नारंग एम के, सिंह एस के, और खुराना आर (2022)। धान के ठूंठ क्षेत्र में गेहूं की सीधी बुवाई के लिए नोकदार अवतल डिस्क बीज ड्रिल का विकास और मूल्यांकन। जर्नल ऑफ एग्रीकल्चर एंड फूड रिसर्च, 100421।
17. सग्गू जी एस, मित्तल एस के, अग्रवाल आर, बेग जी, (2018)। मालवा क्षेत्र (भारत) के ग्रामीण स्थलों के स्कूली बच्चों के फसल कटाई के बाद की घटनाओं के दौरान श्वसन स्वास्थ्य पर महामारी विज्ञान का अध्ययन। 33 (3), 281–295।
18. सहाय एस, शर्मा सी, सिंह एस के, गुप्ता पी के (2011)। भारत में खेतों में कृषि अवशेषों को जलाने से ट्रेस गैसों, कार्बन और नाइट्रोजन उत्सर्जन का आकलन। पोशक। साइकिल। एग्रोइकोसिस। 89:143–157।
19. सिंह जी, गुप्ता एम के, चौरसिया एस, षर्मा वी एस, और पिमेनोव डी वाई (2021)। धान के भूसे को जलानाः इसकी वैश्विक व्यापकता और इसके लिए स्थायी विकल्प पर एक समीक्षा
20. सिंह वाई, सिद्धू एच एस (2014)। भारत के सिंधु–गंगा के मैदानों में टिकाऊ धान–गेहूं उत्पादन प्रणाली के लिए अनाज फसल अवशेषों का प्रबंधन, प्रोक इंडियन। नेटल साइंस एकैड 80 (1) 95–114।
21. सिंह वाई, गुप्ता आर के, सिंह जे, सिंह जी, सिंह जी, लाधा जे के, (2010)। उत्तर पष्चिमी भारत में धान–गेहूं प्रणाली में गेहूं की फसल के दौरान दो मिट्टी के प्रकारों पर धान के अवशेषों के अपघटन और पोशक तत्वों की गतिशीलता पर प्रभाव। न्यूट्र.साइकिल.एग्रोइकोसिस्ट 88: 471–480।
22. ठाकुर एस एस, चंदेल आर, और नारंग एम के (2018)। धान–पुआल चॉपर सह स्प्रेडर का उपयोग करके पुआल प्रबंधन तकनीकों पर अध्ययन के साथ–साथ विभिन्न जुताई के तरीके और गेहूं की उपज और अर्थशास्त्र पर विभिन्न बुवाई तकनीकों के बाद के प्रभाव। एएमए, 49(2), 52–67।