सौर ऊर्जा द्वारा पशु आहार उबालने के लिए नॉन–ट्रेकिंग सौर चूल्हे की डिजाइन, विकास और प्रदर्शन मूल्यांकन

सुरेन्द्र पुनियाँ, ए.के. सिंह एवं दिलीप जैन
भा.कृ.अनु.प.–केन्द्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान, जोधपुर, राजस्थान
संवादी लेकख का ई–मेल : surendra.poonia@icar.gov.in

सर्व विदित है कि ईंधन आधारित ऊर्जा की तेजी से कमी को देखते हुए, अक्षय ऊर्जा दुनिया के भविष्य की ऊर्जा सुरक्षा के लिए सबसे व्यवहार्य विकल्प है। वर्तमान में, दुनिया के वैश्विक बिजली उत्पादन में अक्षय ऊर्जा की हिस्सेदारी 22.8 प्रतिशत है जो ज्यादातर पन बिजली के योगदान से किया जाता है। भारत का कुल पवन ऊर्जा स्थापना में विश्व में 5 वाँ स्थान है। वर्तमान में भारत में ऊर्जा उत्पादन का 13 प्रतिशत नवीकरणीय पवन, सौर तथा बायोमास जैसे श्रोतों के माध्यम से पूरा किया जाता है। जबकि कोयला 60 प्रतिशत योगदान के साथ अभी भी ऊर्जा उत्पादन का मुख्य श्रोत है। वर्तमान में राजस्थान एवं गुजरात सौर ऊर्जा उत्पादन के क्षेत्र में अंग्रणी राज्य हैं एवं कुल सौर ऊर्जा का लगभग 58 प्रतिशत इन राज्यों से उत्पादित किया जाता है। केन्द्र सरकार ने राष्ट्रीय सौर मिशन के तहत 2021–22 में 1,00,000 मेगावाट (100 गीगावाट) सौर ऊर्जा पैदा करने का महत्वाकांक्षी लक्ष्य रखा है। इसी तरह राजस्थान रिन्यूएबल एनर्जी कॉर्पोरेशन लिमिटेड ने सन् 2022 तक राजस्थान में 25,000 मेगावाट के सौर ऊर्जा प्लांट लगाए जाने का लक्ष्य निर्धारित किया है।

थार मरूस्थल देश का एक ऐसा क्षेत्र है जहां सबसे ज्यादा सौर ऊर्जा उपलब्ध रहती है और सबसे ज्यादा समय तक सूर्य प्रकाश उपलब्ध रहता है। शुष्क क्षेत्र में सौर ऊर्जा की प्रचुर मात्रा में उपलब्धता को देखते हुए इसका अधिक से अधिक दोहन हो सकता है। इस कभी खत्म न होने वाली सौर ऊर्जा का उपयोग करने के लिए काजरी में पिछले तीन दशक में विभिन्न प्रकार के घरेलू, खेती और उद्योग में काम आने वाले सौर यन्त्रों के विकास हेतु शोध कार्य किया जा रहा हैं। सौर ऊर्जा का खाना पकाने, कृषि उत्पादों को सुखाने, पानी गर्म करने, जल को शुद्ध करने, पशु आहार उबालने, आसुत जल उत्पादन, मोम पिघालने, शीत भण्डारण आदि में उपयोग किया जा सकता है। इसके अलावा पौधों में दवाई छिड़कने के लिए सोलर स्प्रेयर और सोलर डस्टर भी बनाए गए। वर्तमान में काजरी में कृषि–वोल्टेइक प्रणाली या सौर खेती की परियोजना पर कार्य चल रहा है। जिसके द्वारा एक ही भूमि इकाई से फसल और बिजली, दोनों का उत्पादन किया जा सकता है।

खेती मानसून आधारित है, और वर्षा हुई तो खेती, नही तो छेती अर्थात कोई फसल नही, आदि कहावतें पश्चिमी राजस्थान के सन्दर्भ में आज भी पूर्णतया सही है। अकाल एक ऐसी प्राकृतिक आपदा है जिसके कारण किसानो की फसलों को प्रायः किसी न किसी रूप में हानि होती रहती है। ऐसी परिस्थितियों में किसान की माली हालत दिन–प्रतिदिन खराब हो रही है। भारत के पश्चिमी राजस्थान प्रदेश पर वर्षों से प्रकृति की कृपा दृष्टि नहीं रही है। अकाल एवं जलवायु परिवर्तन इस क्षेत्र में कोढ़ में खाज का कार्य रहे है। भारत का गर्म शुष्क क्षेत्र (लगभग 61.9 प्रतिशत भू–भाग) मुख्य रूप से पश्चिमी राजस्थान के 12 जिलों में फैला हुआ है। पश्चिमी राजस्थान की अर्थव्यवस्था में पशुपालन व्यवसाय का विशेष महत्व है। शुष्क क्षेत्र के किसानों के लिये पशुपालन न केवल जीविकोपार्जन का आधार है, बल्कि यह उनके लिये रोजगार और आय प्राप्ति का सुदृढ़ तथा सहज स्रोत भी है। राज्य के मरुस्थलीय क्षेत्र में भौगोलिक और प्राकृतिक परिस्थितियों का सामना करने के लिये एकमात्र विकल्प पशुपालन व्यवसाय ही रह जाता है। राज्य में जहाँ एक ओर वर्षाभाव के कारण कृषि से जीविकोपार्जन करना कठिन होता है, वहीं दूसरी ओर औद्योगिक रोजगार के अवसर भी नगण्य हैं। ऐसी स्थिति में ग्रामीण लोगों ने पशुपालन को ही जीवन शैली के रूप में अपना रखा है। पशुपालन व्यवसाय से राज्य की अर्थव्यवस्था अनेक प्रकार के प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष घटकों से लाभान्वित होती है। शुष्क पश्चिमी राजस्थान में पशुपालन ग्रामीण लोगों की आय का एक बड़ा हिस्सा है। पशुधन घरेलू उपयोग के लिए दूध उपलब्ध कराने, दूध की बिक्री के माध्यम से आय सृजन, मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने के लिए खाद आदि के रूप में लाभ

प्रदान करता है। इसके अलावा यह रोजगार पैदा करने और ग्रामीण इलाकों में गरीबी को कम करने में एक प्रमुख भूमिका निभाता है। हालाँकि, ये लाभ तब उपलब्ध होते हैं जब सुपाच्य और पोषक आहार इन पशुधन को दिया जाता है।

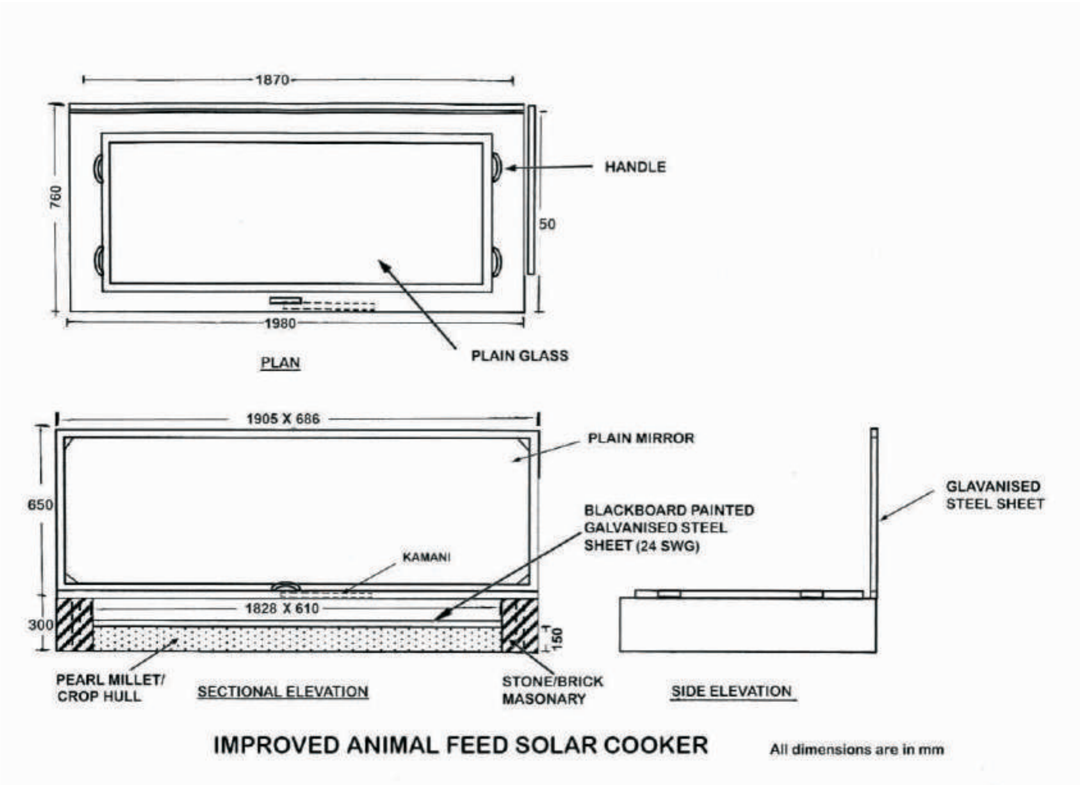
गांवो में पशु आहार (बांटा) पकाने के लिये बड़े पैमाने पर लकड़ी व गोबर को जलाया जाता है जिससे वातावरण में प्रदूषण फैलता है। पशु आहार सौर चूल्हा के उपयोग से पारम्परिक ईंधन की बचत की जा सकती है। लकड़ी की बचत से इकोसिस्टम की रक्षा एवं गोबर की बचत से रासायनिक खाद की बचत की जा सकती है जिससे कृषि उत्पादन में वृद्धि संभव है। इसके अतिरिक्त CO_2 उत्सर्जन में कमी भी प्राप्त की जा सकती है। पशु आहार सौर चूल्हा में धीमी गति से आहार (बांटा) पकने के कारण भोजन के पोषक तत्व नष्ट नहीं होते है तथा आहार (बांटा) पकाते समय निरंतर देखभाल की जरूरत नहीं पड़ती। भारत के थार रेगिस्तान में सौर विकिरण उर्जा, प्रचुर मात्रा (6-0-7.4 किलो वाट घंटा मी$^{-2}$ प्रतिदिन) में उपलब्ध है एवं लगभग 300 दिनों तक आसमान साफ रहता हैं इसलिए पशु आहार सौर चूल्हा काफी उपयोगी है। बाजार में उपलब्ध सौर चूल्हा दिन में दो बार खाना बनाने में सक्षम है। इसलिए इसकी कीमत भी बहुत अधिक है। चूँकि पशुओं के लिए एक बार ही आहार (बांटा) को उबालना पड़ता है इसलिए यह सस्ता पड़ता है। पशुओं के खाद्य पदार्थ (बांटा) पकाने हेतु एक बड़े आकार का सौर कुकर रेखांकित, विकसित, अन्विक्षित एवं मूल्यांकित किया गया जो ए.एस.ए.ई. एवं बी.आई.एस. (भारतीय मानक ब्यूरो) के मानकों पर खरा उतरता है।

पशु आहार सौर चूल्हे का रेखांकन एवं विकास

केन्द्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान, जोधपुर में एक दोहरे काँच का स्थायी पशु आहार सौर चूल्हे का निर्माण किया गया (चित्र 1)। कुकर में स्थानीय रूप से उपलब्ध एवं सस्ती सामग्री ईंट, सीमेन्ट, रेत, बजरी एवं बाजरे की भूसी (कुचालक) के रूप में काम में आती है। व्यवसायिक सामग्री जो इसके निमार्ण हेतु आवश्यक है वह है सादा कांच, लकड़ी, माइल्ड स्टील एंगल और सीट, एल्यूमिनियम सीट व पकाने के बर्तन आदि। ईंट, सीमेन्ट, रेत एवं बजरी को 1:6 के अनुपात में मिलाकर 6′3′ निर्मित ढाँचा तैयार किया जाता है। इसका कुकर का बाहरी सकल आयाम 1980760100 मि.मी. एवं आंतरिक सकल आयाम 187065050 मि.मी. है (चित्र 2)। इसके पैंदे में बाजरे की भूसी भर दी जाती है जो कि कुचालक का काम करती है। उसके ऊपर 24 गेज की जी आइ शीट (अवशोषक प्लेटः 6′2′) पेंदे में रखकर काले ब्लैक बोर्ड पेन्ट से रंग दिया गया ताकि यह अधिकतम सौर विकिरण ऊर्जा अवशोषित कर सके। दो दोहरे काँच (6′3′′ लम्बाई 2′3′′ चौड़ाई एवं 4 मिमी मोटाई) लकड़ी के फ्रेम में जो कब्जों द्वारा फिक्स है लगा दिये गये। इसी नाप का एक परावर्तक लगाया गया जिसे 0 डिग्री सेन्टीग्रेड से लेकर 120 डिग्री सेन्टीग्रेड तक मौसम के हिसाब से फिक्स कर सकते है। पशु आहार सौर चूल्हे का क्षेत्रफल 1.21 वर्गमीटर है। चार एल्यूमिनियम/स्टेनलेस स्टील के बर्तन/कड़ाही को काले किए गए ढक्कन से ढक देते है। पशु आहार को पानी में मिलाकर बर्तन में रख देते है। इसके द्वारा 5 पशुओं हेतु बाँटा (खाने की सामग्रीः तिल की खल, मूँगफली की खल, कपास बीज की चूरी, ग्वार की चूरी, बाजरा, मेथी) 10 किग्रा तक 3-4 घंटे में दिन के 3:00 बजे तैयार हो जाता है। पशु आहार सौर चूल्हे की लम्बाई, चौड़ाई की 3 गुना है जो कि अधिकतम सौर ऊर्जा अवशोषित करता है एवं इसको सूर्य की और घुमाने की आवश्यकता नहीं होती। इस नाप का पशु आहार सौर चूल्हा लगभग 38 प्रतिशत परावर्तित विकिरण को अवशोषित कर लेता है जिसकी वजह से इसे सूर्य की ओर घुमाना नहीं पड़ता।

मूल्यांकन

जोधपुर (2618 उत्तर एवं 7304 पूर्व) स्थित केन्द्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान (काजरी) में विकसित पशु आहार सौर चूल्हे का मूल्यांकन 2019 में किया गया। इन प्रयोगों में सौर विकिरण ऊर्जा को थर्मोपाइल पाइरनोमीटर द्वारा नापा गया एवं डीटीएम–150 थर्मामीटर (0.1 शुद्धता) द्वारा पशु आहार सौर चूल्हे का तापक्रम नापा गया। वातावरण का तापमान मर्करी थर्मामीटर से नापा गया। यह प्रयोग बादल रहित साफ आसमान वाले दिन प्रत्येक 15 मिनिट के अन्तराल से प्रातः 10:00 बजे से लेकर सांय 4:00 बजे तक किया गया।



चित्र 1: पशु आहार सौर चूल्हे की डिजाइन

चित्र 2: पशु आहार सौर चूल्हा

तापीय निष्पादन एवं परीक्षण

पशु आहार सौर चूल्हे का परीक्षण ए.एस.ए.ई. एवं बी. आई.एस. (भारतीय मानक ब्यूरो) के मानको के हिसाब से किया गया। इसके अनुसार एफ–1 एवं एफ–2 मूल्यों का निर्धारण किया गया। एफ–1 नो लोड परीक्षण है जो यह यह दर्शाता है कि बिना किसी लोड के अधिकतम तापमान कहा तक पहुँचता है। एफ–2 वाटर ब्वायलिंग परीक्षण है। इसके अतिरिक्त पशु आहार सौर चूल्हे () का भी निर्धारण किया गया।

प्रथम मूल्यांकन (एफ–1) का निर्धारण

इसका निर्धारण इस बात पर निर्भर करता है कि किसी बादल रहित आसमान वाले दिन पशु आहार सौर चूल्हे का अधिकतम तापमान परावर्तक से बिना टकराए कहॉ तक पहुँचता हैं एवं उस समय सौर विकिरण ऊर्जा की मात्रा कितनी है। इस परीक्षण में परावर्तक को काले कपड़े से ढ़क देते हैं। निम्नलिखित समीकरण से एफ–1 का मूल्य निकाल सकते है।

द्वितीय मूल्यांकन (एफ–2)का निर्धारण

पशु आहार सौर चूल्हे को पूर्णभारित (फुल लोड) स्थिति में रखकर एफ–2 का मूल्य निर्धारित करते है। यह उष्मा विनिमय दक्षता एवं प्रकाशिकी दक्षता का गुणा होता है। इसे निम्नलिखित समीकरण से निकाल सकते है।

$$F_1 = \frac{\eta_0}{U_-} = \frac{(T_{ps} - T_a)}{G} \quad \text{———} \quad (1)$$

$$F_2 = F'\eta_0 C_R = \frac{F_1 (MC)w}{A(t_2 - t_1)} \ln \left[\frac{1 - \frac{1}{F_1}\left(\frac{T_{w1} - \bar{T}_a}{\bar{G}_s}\right)}{1 - \frac{1}{F_1}\left(\frac{T_{w2} - \bar{T}_a}{\bar{G}_s}\right)} \right] \quad \text{———} \quad (2)$$

पशु आहार सौर चूल्हे के आहार पकाने की शक्ति का आंकलन

फंक (2000) ने पशु आहार पकाने की शक्ति के आकंलन के लिए दो प्रकार के परीक्षण पर चर्चा की। ये मुख्य रूप से मौसम के मापदंडों के रूप में अनियंत्रित चर हैं और कुकर के डिजाइन मापदंडों के रूप में नियंत्रित चर हैं। फंक की परिभाषा से आहार पकाने की शक्ति, P, को हीटिंग अवधि के दौरान उपलब्ध उपयोगी ऊर्जा की दर के रूप में परिभाषित किया गया है। यह आहार पकाने के बर्तन में निहित पानी के प्रत्येक अंतराल, द्रव्यमान और विशिष्ट गर्मी क्षमता के लिए पानी के तापमान में परिवर्तन के उत्पाद के रूप में निर्धारित किया जा सकता है। समय–समय पर उत्पाद को विभाजित करना (अमेरिकन सोसायटी ऑफ एग्रीकल्चरल इंजीनियर्स के अनुसार 10 मिनट के अंतराल में 600 एस) एक आवधिक अंतराल में निहित खाना पकाने की शक्ति के रूप में देता है।

पशु आहार सौर चूल्हे की दक्षता का निर्धारण

पशु आहार सौर चूल्हे का तापमान एवं जल का प्रारम्भिक तापमान एवं अंतिम तापमान नापकर निकाली जा सकती है। इसे निम्नलिखित समीकरण से निकाल सकते है।

$$P_s = \frac{700\, MC_W \cdot \Delta T_w}{600\, G_s} \text{-----------} (3)$$

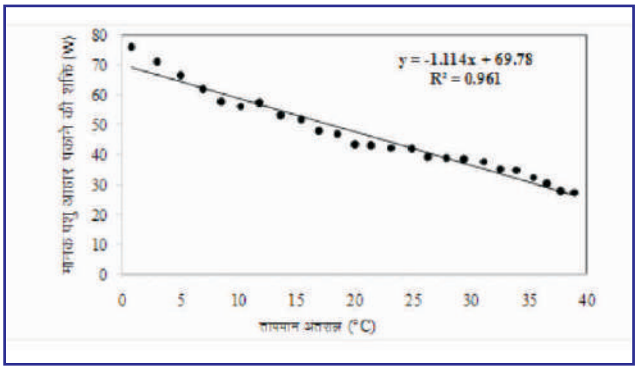
$$\eta = \frac{(MC_w + M_1 C_L)(T_{w2} - T_{w1})}{CA \int_0^t G\, dt} \quad \text{———} \quad (4)$$

परिणाम एंव व्याख्या

अधिकतम तापमान परीक्षण में यह पाया गया कि 10:00 बजे तापमान 61 डिग्री सेन्टीग्रेड से लेकर 10:30 बजे यानि आधे घंटे में तापमान 80 डिग्री सेन्टीग्रेड तक पहुँच गया जो कि 13:30 बजे 130 डिग्री सेन्टीग्रेड पर लगभग स्थिर हो गया। 14:00 बजे अधिकतम तापमान 132 डिग्री सेन्टीग्रेड तक पहुँचा जब सौर विकिरण 840 वाट प्रति वर्गमीटर था। एफ–1 का मूल्य 0.113 पाया गया जो कि ए.एस.ए.ई. एवं बी.आई.एस. (भारतीय मानक ब्यूरो) के मानको के हिसाब से बिल्कुल सटीक बैठता है एवं दर्शाता है कि पशु आहार सौर चूल्हा ए श्रेणी का है।

पूर्णभारित (फुल लोड) स्थिति में 10:00 बजे पानी का तापमान (Tw_1) 55 डिग्री सेन्टीग्रेड से बढ़कर 14:00 बजे अधिकतम तापमान (Tw_2) 92 डिग्री सेन्टीग्रेड तक पहुँच गया एवं सौर विकिरण में वृद्धि के साथ जल का तापमान भी बढ़ता गया। एफ–2 का मूल्य 0.402 पाया गया जो समीकरण-2 में विभिन्न घटको के मूल्यों को रखने से प्राप्त होता है। इस तरह प्राप्त एफ–2 का मूल्य (0.402) ए.एस.ए.ई. एवं बी.आई.एस. के मानको के हिसाब से बिल्कुल सटीक बैठता है (0.254–0.490)। इसका उच्च मूल्य अधिक तापीय विनिमय दक्षता को प्रदर्शित करता है। भार में बढ़ोतरी के साथ एफ–2 का मूल्य भी बढ़ता रहता है क्योंकि बर्तन में पानी की मात्रा बढ़ती रहती है। सौर जल शुद्धक में तापमान 92 डिग्री सेन्टीग्रेड तक गर्मी में तथा 86 डिग्री सेन्टीग्रेड तक शरद ऋतु में पहुँचता है। इस तापमान पर पशु आहार पशओुं को खिलाने के लिए पूरी तरह से उबल जाता है।

अप्रैल, 2019 को अमेरिकन सोसायटी ऑफ एग्रीकल्चरल इंजीनियर्स की मानक प्रक्रिया के आधार पर कुकिंग पावर प्रयोग किया गया था। 4.0 किलोग्राम पानी के भार के लिए प्रयोग किया जाता है। पशु आहार सौर चूल्हे को सूरज से 10.00 बजे से 14.00 बजे तक, और पानी का प्रारंभिक तापमान, पानी का अंतिम तापमान, परिवेश का तापमान और सौर पृथक्करण 10 मिनट के अंतराल से दर्ज किया गया। अंतर्राष्ट्रीय परीक्षण मानकों के अनुसार, निर्धारण का गुणांक (R^2), 0.75 (फंक, 2000) से बेहतर होना चाहिए। एएसएई अंतर्राष्ट्रीय परीक्षण प्रक्रिया की सीमा के भीतर प्रारंभिक आहार पकाने की शक्ति 69.78 पाई गई (चित्र 3)। मानकीकृत खाना पकाने की शक्ति की गणना क्रमशः प्रतिगमन समीकरण (Regression equation) Ps = 27.40 W का उपयोग करके की गई थी, जो कि अन्य प्रणालियों की तुलना में काफी उच्च मूल्य हैं।



चित्र 3: मानक पशु आहार पकाने की शक्ति एवं तापमान अंतराल में संबंध

पशु आहार सौर चूल्हे की दक्षता समीकरण-4 से निकाली गई तथा इसकी दक्षता 26.4 प्रतिशत पाई गई। पशु आहार सौर चूल्हे की थर्मल दक्षता सौर विकिरण, भरे हुए पानी के द्रव्यमान, पानी को उबालने में लगने वाला समय, परावर्तक के नियंत्रण आदि जैसे कारकों पर निर्भर करती है। इसलिए, थर्मल दक्षता पर उनके प्रभावों को पूरी तरह से समझने के लिए बहुत सारे प्रयोगों की आवश्यकता होगी। पशु आहार सौर चूल्हा प्रतिवर्ष लगभग 1059 कि.ग्रा. ईंधन की लकड़ी की बचत करता है जो कि

3611 मेगाजूल ऊर्जा के बराबर है। इसकी कीमत परार्वतक के साथ लगभग 12,500 है। पशु आहार सौर चूल्हे के उपयोग से प्रतिवर्ष 1442.64 किग्रा तक कार्बन डाइआक्साइड उत्सर्जन में कटौती कर सकते हैं।

निष्कर्ष:

पशु आहार सौर चूल्हे का विकास राजस्थान के शुष्क क्षेत्रों के गांवों में पशु आहार बनाने के लिए किया गया। यह दोहरे काँच एवं परावर्तक द्वारा निर्मित है जिसकी लम्बाई; चौड़ाई की तीन गुना है जो ट्रैकिंग आवश्यकताओं को समाप्त करता है। इसलिए यह अधिकतम परावर्तित सौर विकिरण प्राप्त करता है। एफ–1 का मूल्य 0.113 तथा एफ–2 का 0.402 और मानकीकृत खाना पकाने की शक्ति 27.40 डब्ल्यू थे जो कि अमेरिकन सोसायटी ऑफ एग्रीकल्चरल इंजीनियर्स स्टैंडर्ड (ए.एस.ए.ई.) एवं बी.आई.एस. (भारतीय मानक ब्यूरो) के ए ग्रेड मानकों पर खरा उतरता है। यह पशु आहार सौर चूल्हा दिन में एक बार 8–10 किलो पशु आहार उबालने में सक्षम है, जो कि चार पशुओं के लिए पर्याप्त है। पशु आहार सौर चूल्हे की दक्षता 26.4 प्रतिशत पाई गई जो कि समकक्ष सौर चूल्हे की दक्षता से अधिक है। वर्तमान पशु आहार सौर चूल्हे ने अधिकतम भार के लिए सबसे अच्छा प्रदर्शन और उच्चतम दक्षता दिखाई है। इस कुकर से सालाना 1059 किलो ईंधन लकड़ी बचती है और दूध देने वाले जानवरों को उबला हुआ आहार मिलता है। यह बहुत उपयुक्त पाया गया है क्योंकि पशु आहार दिन में केवल एक बार उबाला जाता है। पशु आहार तैयार करने के लिए विकसित की गई तकनीक न केवल ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करती है, बल्कि ईंधन संरक्षण और मादक पदार्थों की कमी में भी मदद करती है। इस तरह के आहार पकाने का संचालन ज्यादातर महिलाओं द्वारा किया जाता है, और वे कृषि ऑपरेशन में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं, इस प्रकार समय बचा सकते हैं और अपने परिवार या अन्य कृषि कार्यों की देखभाल के लिए अधिक समय व्यतीत कर सकते हैं।

विचारों का परिपक्व होना भी उसी समय संभव होता है,
जब शिक्षा का माध्यम प्रकृतिसिद्ध मातृभाषा हो
और हमारी प्रकृति सिद्ध भाषा हिन्दी ही है।
– पं. गिरधर शर्मा

View publication stats