एग्री मैगज़ीन

(कृषि लेखों के लिए अंतरराष्ट्रीय ई-पत्रिका)
वर्ष: 01, अंक: 05 (दिसम्बर, 2024)
www.agrimagazine.in पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री मैगज़ीन, आई. एस. एस. एन.: 3048-8656

वर्टिकल फार्मिंग: शहरी कृषि के लिए एक सतत भविष्य

(*अवधेश कुमार सिंह[1], स्वाती दीपक दूबे[2], यतेन्द्र कुमार[3] एवं आशुतोष श्रीवास्तव[4])

[1]विषय वस्तु विशेषज्ञ (कृषि प्रसार), कृषि विज्ञान केंद्र, प्रतापगढ़, उत्तर प्रदेश-229408, भारत

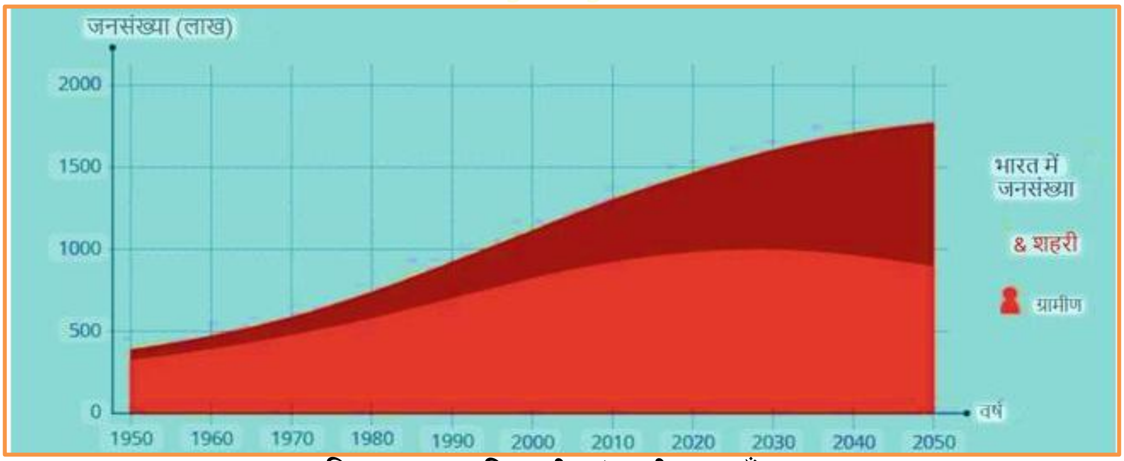
[2]विषय वस्तु विशेषज्ञ (गृह विज्ञान), कृषि विज्ञान केंद्र, प्रतापगढ़, उत्तर प्रदेश-229408, भारत

[3]कार्यक्रम सहायक (उद्यान), कृषि विज्ञान केंद्र, प्रतापगढ़, उत्तर प्रदेश-229408, भारत

[4]प्रक्षेत्र सहायक, कृषि विज्ञान केंद्र, प्रतापगढ़, उत्तर प्रदेश-229408, भारत

*संवादी लेखक का ईमेल पता: awadheshndri@gmail.com

हमारी पृथ्वी पर 30 प्रतिशत क्षेत्र भूमि एवं लगभग 70 प्रतिशत क्षेत्र पर पानी की उपलब्धता है | उपलब्ध भूमि का लगभग तीन चौथाई हिस्सा उपजाऊ है, बाकी हिस्से को पहाड़, नदी, रेगिस्तान, बर्फ आदि द्वारा संगृहीत किया गया है | मनुष्य योनी अपने सम्पूर्ण जीवन काल में केवल 60 प्रतिशत भूमि को ही खेती योग्य बना पाया है, दुनिया भर में बढ़ते शहरीकरण को देखते हुये यह अनुमान लगाया गया है कि 2050 तक दुनिया की अधिकांश आबादी (>70%) आवास के लिए शहरों में स्थानांतरित हो जायेगी (नास्कूरी एट अल., 2022)। दिलचस्प बात यह है कि इसी अवधि में (2050 तक), मानव जनसंख्या मौजूदा 7.6 बिलियन से बढ़कर 9.8 बिलियन तक पहुंचने की उम्मीद है, और अपेक्षित है कि 2100 तक 11.2 बिलियन हो जाएगी। चित्र 1 में दर्शाया गया है कि 2050 तक जाते जाते भारत कि शहरी आबादी ग्रामीण आबादी कि तुलना में अधिक तेजी से आगे बढ़ेगी | दूसरी ओर दुनिया भर में तेजी से हो रहा शहरीकरण अल्प उपलब्ध चीज़ों पर दबाव डाल रहा है | परिणामतः भूमि संसाधनों में खेती योग्य भूमि में धीरे-धीरे लेकिन लगातार गिरावट देखी जा रही है (अली और श्रीवास्तव, 2017)। शहरीकरण के परिणामस्वरूप असंख्य छोटे और बड़ी कंक्रीट संरचनाएं बढ़ती जनसंख्या को कृषि योग्य भूमि को शोषित करने के लिए मजबूर कर रही है, आप देखेंगे कि जितने भी महानगर है उनमें गंगन चुम्बी इमारते भरी हुई है जिनका भरण पोषण ज्यादातर परिनगरीय कृषि द्वारा उत्पादित सब्जियाँ और अन्य खाद्य पदार्थ द्वारा पूरा किया जाता है | भारत में भी पिछले कई वर्षों से कृषि योग्य क्षेत्रफल लगभग स्थिर है क्यूंकि, बंजर भूमि को जिस दर से सही किया जा रहा है उतना उपजाऊ क्षेत्रफल निर्माण और अन्य बुनियादी ढांचे में चला जाता है | बढ़ते हुये शहरीकरण के साथ साथ जलवायु परिवर्तन भी भारत के कृषि को प्रभावित कर रहा है | भारतीय कृषि क्षेत्र में वर्तमान में कई ऐसी समस्याएं हैं, जिनका समाधान वर्टिकल फार्मिंग से प्रभावी और स्थायी रूप से किया जा सकता है। इस संदर्भ में, वर्टिकल फार्मिंग एक अभिनव समाधान के रूप में उभरी है, जो कम जगह में अधिक उत्पादन की क्षमता रखती है। यह विधि शहरी क्षेत्रों में कृषि को संभव बनाती है, जहां भूमि की कमी और पर्यावरणीय प्रभाव के कारण पारंपरिक कृषि प्रणाली अक्सर असंभव हो जाती है।



चित्र:1. भारत की शहरी एवं ग्रामीण जनसँख्या

(स्रोत: UN DESA, World urbanization prospects: The 2018 revision)

वर्टिकल फार्मिंग का तात्पर्य पौधों को एक बहु-स्तरीय संरचना में उगाने से है, जो अक्सर जलवायु नियंत्रित वातावरण में होता है। यह तकनीक हाइड्रोपोनिक्स, एयरोपोनिक्स, और एक्वापोनिक्स जैसी आधुनिक विधियों का उपयोग करती है, जो पानी, भूमि, और अन्य संसाधनों के कुशल उपयोग को बढ़ावा देती है। इस प्रकार की कृषि से न केवल कृषि योग्य भूमि की आवश्यकता कम होती है, बल्कि पानी और उर्वरकों की खपत भी कम हो जाती है। चित्र 2 वर्टिकल फार्मिंग के प्रमुख घटक को दर्शाया गया है |

चित्र: 2. वर्टिकल फार्मिंग के प्रमुख घटक

वर्टिकल फार्मिंग और पारंपरिक खेती में अंतर

पैरामीटर	वर्टिकल फार्मिंग	पारंपरिक खेती
स्थान	सीमित स्थान का उपयोग, ऊर्ध्वाधर संरचना में खेती	विस्तृत भूमि क्षेत्र की आवश्यकता
पानी	हाइड्रोपोनिक्स/एयरोपोनिक्स से 70-90% पानी की बचत	अधिक पानी की आवश्यकता
उपज	नियंत्रित वातावरण में सालभर उच्च उपज	मौसम और मिट्टी की गुणवत्ता पर निर्भर
मौसम	मौसम से स्वतंत्र, नियंत्रित वातावरण	पूरी तरह मौसम पर निर्भर
कीटनाशक	न्यूनतम या शून्य कीटनाशक	कीट प्रबंधन के लिए भारी मात्रा में कीटनाशक उपयोग
भूमि	बहुत कम भूमि की जरूरत	अधिक भूमि की आवश्यकता
शहरी कृषि	शहरी क्षेत्रों में आसानी से लागू	मुख्यतः ग्रामीण क्षेत्रों में ही संभव
लागत	प्रारंभिक लागत अधिक, लेकिन लंबे समय में लाभदायक	प्रारंभिक लागत कम, लेकिन जलवायु जोखिम अधिक
तकनीक	उन्नत तकनीक: LED, IoT, और स्वचालित प्रणाली	परंपरागत उपकरण और विधियों पर निर्भर
पर्यावरण	अधिक टिकाऊ, कम जल और भूमि का उपयोग	भूमि क्षरण और जल स्रोतों का अत्यधिक दोहन

वर्टिकल फार्मिंग के विभिन्न मॉडल

1. हाइड्रोपोनिक्स (Hydroponics): हाइड्रोपोनिक्स में मिट्टी की बजाय पोषक तत्वों से भरपूर पानी का उपयोग करके पौधे उगाए जाते हैं। पौधों की जड़ें सीधे पानी में डूबी रहती हैं, जिससे उन्हें आवश्यक पोषक तत्व मिलते हैं। यह विधि जल की खपत को कम करती है और पौधों की वृद्धि में तेजी लाती है।

लाभ:

- कम पानी की खपत
- नियंत्रित पोषक तत्व आपूर्ति
- तेज़ी से फसल उत्पादन

फसल: सलाद पत्तियाँ, पालक, और जड़ी-बूटियाँ

2. एयरोपोनिक्स (Aeroponics): एयरोपोनिक्स में पौधों की जड़ें हवा में लटकी होती हैं, और उन पर पोषक तत्वों वाला पानी छिड़का जाता है। इस विधि में मिट्टी या पानी का उपयोग नहीं होता, बल्कि जड़ों को पोषक धुंध के रूप में पोषण दिया जाता है।

लाभ:

- जल और पोषक तत्वों का अधिकतम उपयोग
- जड़ों को अधिक ऑक्सीजन मिलता है, जिससे पौधे तेजी से बढ़ते हैं
- कम जगह में अधिक उत्पादन

फसल: टमाटर, स्ट्रॉबेरी, और हरी पत्तेदार सब्जियाँ

3. एक्वापोनिक्स (Aquaponics): एक्वापोनिक्स में मछली पालन और हाइड्रोपोनिक्स को मिलाकर एक समग्र प्रणाली बनाई जाती है। मछलियों से उत्पन्न कचरे का उपयोग पौधों के लिए पोषक तत्वों के रूप में किया जाता है, और पौधे पानी को साफ करके मछलियों के लिए उपयुक्त बनाते हैं।

लाभ:

- मछली और पौधों का संयुक्त उत्पादन
- जल संसाधनों का कुशल उपयोग
- प्राकृतिक रूप से पौधों के लिए पोषक तत्व

फसल: मछली (तिलापिया) के साथ सब्जियाँ जैसे कि ककड़ी, टमाटर

4. बिल्डिंग-बेस्ड वर्टिकल फार्मिंग (Building-based Vertical Farming): इस प्रकार की खेती शहरी इमारतों की छतों, दीवारों या अन्य संरचनाओं में की जाती है। यह इमारतों के अंदर या बाहर की दीवारों पर वर्टिकल गार्डन बनाने के लिए उपयुक्त होती है।

लाभ:

- शहरी क्षेत्रों में जगह का अधिकतम उपयोग
- इमारतों के आसपास की हवा की गुणवत्ता में सुधार
- ताजे और स्थानीय उत्पादन की उपलब्धता

फसल: छोटे फल, सब्जियाँ, और सजावटी पौधे

5. ग्रीनहाउस वर्टिकल फार्मिंग (Greenhouse Vertical Farming): इस प्रकार में ग्रीनहाउस के अंदर कई स्तरों पर पौधों की खेती की जाती है। प्राकृतिक प्रकाश और कृत्रिम प्रकाश दोनों का उपयोग किया जाता है। यह विधि जलवायु नियंत्रित होती है और अधिकतम उत्पादन सुनिश्चित करती है।

लाभ:

- जलवायु नियंत्रित वातावरण में खेती
- उत्पादन में वृद्धि
- ऊर्जा की बचत

फसल: बेल पेपर, टमाटर, और खीरा

6. फैसाड वर्टिकल फार्मिंग (Façade Vertical Farming): इस प्रकार की खेती इमारतों की बाहरी दीवारों पर की जाती है, जहाँ पौधे विशेष संरचनाओं में उगाए जाते हैं। इसे हरे पर्दे या वर्टिकल गार्डन के रूप में भी जाना जाता है।

लाभ:

- भवनों को सजावटी और पर्यावरणीय लाभ
- इमारतों के तापमान को कम करने में मदद
- ऊर्जा खपत में कमी

फसल: बेल वाली सब्जियाँ, फूल, और हरे पत्तेदार पौधे

7. कंटेनर फार्मिंग (Container Farming): कंटेनर फार्मिंग में पौधों को कंटेनरों में उगाया जाता है, जो विशेष रूप से डिज़ाइन किए गए होते हैं। इन कंटेनरों में कृत्रिम प्रकाश, जलवायु नियंत्रण, और सिंचाई प्रणाली होती है।

लाभ:

- स्थान की सीमा को ध्यान में रखते हुए उच्च उत्पादन
- पोर्टेबल और मॉड्यूलर प्रणाली
- नियंत्रित वातावरण

फसल: सलाद, जड़ी-बूटियाँ, और सब्जियाँ

8. फूड कम्प्यूटर वर्टिकल फार्मिंग (Food Computer Vertical Farming): फूड कम्प्यूटर एक प्रकार की अत्याधुनिक वर्टिकल फार्मिंग है, जिसमें कृत्रिम बुद्धिमत्ता और सेंसर का उपयोग किया जाता है। इसमें कंप्यूटर की सहायता से पौधों की वृद्धि के लिए आदर्श परिस्थितियाँ बनाई जाती हैं।

लाभ:

- पूरी तरह से नियंत्रित कृषि
- उत्पादन की प्रक्रिया में स्वचालन
- अनुकूलतम वृद्धि दर

फसल: प्रयोगशाला में विकसित किए जाने वाले पौधे, जड़ी-बूटियाँ

हाइड्रोपोनिक्स	**एयरोपोनिक्स**	**एक्वापोनिक्स**
कंटेनर फार्मिंग	**बिल्डिंग-बेस्ड वर्टिकल फार्मिंग**	**फैसाड वर्टिकल फार्मिंग**

वर्टिकल फार्मिंग के विभिन्न मॉडल (स्रोत: www.google.co.in)

वर्टिकल फार्मिंग के प्रमुख लाभ

1. **भूमि के कुशल उपयोग की क्षमता**: पारंपरिक कृषि विधियों की तुलना में वर्टिकल फार्मिंग में बहुत कम भूमि की आवश्यकता होती है। इसके तहत खेती शहरी क्षेत्रों के उन स्थानों पर की जा सकती है, जो अन्यथा उपयोग में नहीं आते, जैसे कि इमारतों की छत, परित्यक्त कारखाने, या विशेष रूप से डिज़ाइन किए गए भवन। इससे खाद्य उत्पादन सीधे उपभोक्ताओं के पास होता है, जिससे परिवहन लागत और कार्बन उत्सर्जन में कमी आती है।
2. **पानी की खपत में कमी**: परंपरागत कृषि के मुकाबले वर्टिकल फार्मिंग में पानी का उपयोग काफी कम होता है। हाइड्रोपोनिक्स और एयरोपोनिक्स जैसी सिंचाई प्रणालियों का उपयोग किया जाता है, जो पौधों को केवल उतना ही पानी उपलब्ध कराती हैं, जितना उनकी आवश्यकता होती है। यह पद्धति पारंपरिक कृषि की तुलना में लगभग 90% तक पानी की खपत को कम करती है, जिससे यह पानी की कमी वाले क्षेत्रों के लिए विशेष रूप से उपयुक्त बनती है।
3. **साल भर उत्पादन**: वर्टिकल फार्मिंग में जलवायु नियंत्रण और कृत्रिम प्रकाश व्यवस्था का उपयोग किया जाता है, जिससे मौसम संबंधी समस्याओं जैसे सूखा, बाढ़, या कीटों का प्रभाव कम हो जाता है। यह सुनिश्चित करता है कि पूरे वर्ष में स्थिर उत्पादन हो सके, जिससे खाद्य आपूर्ति में निरंतरता बनी रहती है।
4. **रसायनों का कम उपयोग**: नियंत्रित वातावरण में खेती करने से कीटनाशकों और रासायनिक उर्वरकों की आवश्यकता कम हो जाती है। इससे उत्पाद न केवल स्वास्थ्यवर्धक होते हैं, बल्कि मिट्टी और जल स्रोतों में रासायनिक प्रदूषण का जोखिम भी कम हो जाता है।
5. **ऊर्जा दक्षता**: प्रारंभिक दिनों में वर्टिकल फार्मिंग में ऊर्जा की खपत अधिक होती थी, लेकिन एलईडी लाइटिंग और अन्य तकनीकी प्रगति ने ऊर्जा खपत को काफी हद तक कम कर दिया है। इसके अलावा, सौर और पवन ऊर्जा जैसी नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग करके वर्टिकल फार्मिंग को और अधिक पर्यावरण अनुकूल बनाया जा सकता है।
6. **स्थानीय और ताज़ा भोजन**: वर्टिकल फार्मिंग के तहत उपज का उत्पादन शहरी क्षेत्रों में किया जाता है, जिससे यह ताजगी और पोषक तत्वों से भरपूर होता है। आपूर्ति श्रृंखला कम होने से न केवल भोजन की गुणवत्ता बढ़ती है, बल्कि खाद्य सुरक्षा में भी सुधार होता है।

वर्टिकल फार्मिंग से जुड़ी प्रमुख चुनौतियाँ

1. **प्रारंभिक लागत में वृद्धि**: वर्टिकल फार्मिंग की स्थापना के लिए प्रारंभिक निवेश बहुत अधिक होता है। इसमें उन्नत तकनीक, जलवायु नियंत्रण उपकरण, और सिंचाई प्रणालियों की आवश्यकता होती है, जो इसके प्रारंभिक खर्च को बढ़ा देती है। इसके अलावा, भूमि और भवनों की लागत भी उच्च हो सकती है, खासकर शहरी क्षेत्रों में।

2. **ऊर्जा की उच्च मांग**: वर्टिकल फार्मिंग में कृत्रिम प्रकाश और जलवायु नियंत्रण की आवश्यकता होती है, जिसके कारण ऊर्जा की खपत अधिक होती है। यद्यपि एलईडी लाइटिंग ने ऊर्जा की खपत को कम किया है, फिर भी बिजली की उच्च मांग को स्थिरता के साथ संतुलित करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है।
3. **तकनीकी निर्भरता**: वर्टिकल फार्मिंग पूरी तरह से तकनीकी निगरानी और नियंत्रण पर निर्भर करती है। यह प्रणाली केवल उन क्षेत्रों में सफल हो सकती है, जहां तकनीकी संसाधन और विशेषज्ञता उपलब्ध हो। उन क्षेत्रों में जहां तकनीकी अवसंरचना की कमी है, वर्टिकल फार्मिंग की सफलता संदिग्ध हो सकती है।
4. **फसलों की विविधता में सीमाएँ**: जबकि हरी पत्तेदार सब्जियाँ और जड़ी-बूटियाँ वर्टिकल फार्मिंग में अच्छी तरह से उगती हैं, अनाज और जड़ वाली सब्जियों की खेती करना चुनौतीपूर्ण हो सकता है। फसल विविधता में विस्तार करना आवश्यक है ताकि वर्टिकल फार्मिंग वैश्विक खाद्य उत्पादन में अधिक योगदान दे सके।

वर्टिकल फार्मिंग का भविष्य

वर्टिकल फार्मिंग शहरी कृषि के क्षेत्र में एक क्रांतिकारी परिवर्तन ला सकती है। जैसे-जैसे तकनीकी प्रगति होगी और लागत में कमी आएगी, यह संभावना है कि वर्टिकल फार्मिंग एक मुख्यधारा की कृषि विधि बन जाएगी। इसके माध्यम से शहरी क्षेत्रों को खाद्य उत्पादन में आत्मनिर्भर बनाया जा सकता है, जो न केवल स्थानीय स्तर पर खाद्य सुरक्षा में सुधार करेगा, बल्कि जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को भी कम करेगा।

1. **उन्नत तकनीक का उपयोग**: भविष्य में, स्वचालन, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, और रोबोटिक्स के उपयोग से वर्टिकल फार्मिंग को और अधिक कुशल बनाया जा सकेगा। इससे फसल उत्पादन की प्रक्रिया में मानव हस्तक्षेप की आवश्यकता कम हो जाएगी और उत्पादन क्षमता में वृद्धि होगी।
2. **फसल विविधता में वृद्धि**: शोधकर्ताओं और कृषि वैज्ञानिकों के प्रयासों से, वर्टिकल फार्मिंग में उगाई जाने वाली फसलों की विविधता में वृद्धि की जा सकती है। जैसे-जैसे इस क्षेत्र में शोध बढ़ेगा, अनाज, जड़ वाली सब्जियाँ, और फलों की खेती भी संभव हो सकेगी।
3. **नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग**: ऊर्जा की उच्च मांग वर्टिकल फार्मिंग के लिए एक बड़ी चुनौती है, लेकिन सौर, पवन, और अन्य नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग करके इस चुनौती का सामना किया जा सकता है। इससे वर्टिकल फार्मिंग की लागत में कमी आएगी और यह अधिक पर्यावरण-अनुकूल बन सकेगा।
4. **सामाजिक और आर्थिक प्रभाव**: वर्टिकल फार्मिंग का विस्तार न केवल खाद्य उत्पादन में वृद्धि करेगा, बल्कि रोजगार के नए अवसर भी पैदा करेगा। यह तकनीक शहरी समुदायों को स्वावलंबी बनने का अवसर प्रदान करेगी, जिससे सामाजिक और आर्थिक विकास में भी योगदान मिलेगा।

भारत में वर्टिकल फार्मिंग की संभावनाएँ

भारत में तेजी से बढ़ती शहरी आबादी और कृषि योग्य भूमि की कमी को देखते हुए, वर्टिकल फार्मिंग एक महत्वपूर्ण समाधान हो सकता है। विशेष रूप से शहरी क्षेत्रों में जहाँ भूमि की उपलब्धता सीमित है, वर्टिकल फार्मिंग खाद्य सुरक्षा में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है। इसके अतिरिक्त, भारत के कई हिस्सों में पानी की कमी और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को देखते हुए, यह तकनीक देश की कृषि प्रणाली में स्थिरता लाने में सहायक हो सकती है।

1. **शहरी कृषि में योगदान**: भारत में तेजी से शहरीकरण हो रहा है, और वर्टिकल फार्मिंग के माध्यम से शहरी क्षेत्रों में कृषि को संभव बनाया जा सकता है। इससे शहरी निवासियों को ताजा और पोषक भोजन मिल सकेगा, और साथ ही यह खाद्य आपूर्ति श्रृंखला को भी मजबूत करेगा।
2. **पर्यावरणीय लाभ**: भारत में जलवायु परिवर्तन, जल संकट, और भूमि क्षरण जैसे पर्यावरणीय मुद्दों का सामना हो रहा है। वर्टिकल फार्मिंग इन समस्याओं को हल करने में मदद कर सकती है, क्योंकि यह कम जल और भूमि का उपयोग करके अधिक उत्पादन कर सकती है।
3. **आर्थिक संभावनाएँ**: वर्टिकल फार्मिंग की स्थापना के लिए प्रारंभिक निवेश अधिक हो सकता है, लेकिन दीर्घकालिक दृष्टिकोण से यह आर्थिक रूप से लाभदायक साबित हो सकती है। इसके माध्यम से किसानों और उद्यमियों के लिए नए व्यापारिक अवसर खुल सकते हैं।

निष्कर्ष

वर्टिकल फार्मिंग शहरी कृषि के लिए एक अद्वितीय और क्रांतिकारी समाधान प्रस्तुत करती है। यह न केवल सीमित संसाधनों के साथ अधिक उत्पादन की संभावना प्रदान करती है, बल्कि यह खाद्य सुरक्षा, पर्यावरणीय स्थिरता, और आर्थिक विकास में भी योगदान कर सकती है। हालांकि वर्टिकल फार्मिंग में कुछ चुनौतियाँ हैं, जैसे उच्च प्रारंभिक लागत और तकनीकी निर्भरता, लेकिन

तकनीकी विकास और अनुसंधान के साथ यह इन चुनौतियों से निपटने की क्षमता रखती है। आने वाले वर्षों में, वर्टिकल फार्मिंग शहरी खाद्य प्रणालियों का एक महत्वपूर्ण हिस्सा बन सकती है, जिससे एक अधिक सतत और लचीला खाद्य भविष्य सुनिश्चित हो सके।

संदर्भ

1. अली, एफ., और श्रीवास्तव, सी. (2017)। भविष्य का शहरीकरण-भारत में भविष्य के शहरों के लिए ऊर्ध्वाधर खेती और शहरी कृषि का अवलोकन। एडव. रिसर्च, विज्ञान, इंजीनियरिंग, तकनीक अंतर्राष्ट्रीय जर्नल **4**(4), 3767-3775।
2. https://naas.org.in/Policy%20Papers/policy%2089.pdf
3. नास्कूरी, के., रेड्डी, के. के., रेड्डी, एम. वी., और देवी, एम. आर. (2021)। भारत में ऊर्ध्वाधर खेती के दायरे का अध्ययन करना: एक समीक्षा। फार्मा इनोवेशन जर्नल, **10**(12), 158-162।