

विद्यार्थियों को पूछने और खोजबीन करने दें :

# पड़ताल एक बहुरंगी पौधे की

गुरिन्दर सिंह एवं कैरेन हेडॉक

यदि शिक्षक विद्यार्थियों को रोचक किन्तु भ्रमित करने वाले सन्दर्भ प्रदान करें तो क्या होगा? क्या वे सन्दर्भ विद्यार्थियों को प्रश्न पूछने और अपनी खुद की जाँच-पड़ताल करने के लिए प्रोत्साहित करेंगे? इस लेख में लेखकों ने इसका एक उदाहरण प्रस्तुत किया है कि किस तरह बहुरंगी पत्तियों वाले एक पौधे ने विद्यार्थियों को प्राकृतिक संसार के बारे में अपनी जिज्ञासा का समाधान करने के उद्देश्य से जाँच-पड़ताल के एक सिलसिले को करने के लिए उकसाया।

**कि** सी कक्षा में अधिकांश सवाल कौन पूछता है - विद्यार्थी या शिक्षक? बहुत से मामलों में जो सवाल पूछने का काम करता है वह तो शिक्षक ही होता है। और एक शिक्षक किस तरह के सवाल पूछता है? ऐसे सवाल जिनके उत्तर शिक्षक को पहले से ही पता रहते हैं! स्कूलों में विद्यार्थियों को इन्हीं उत्तरों को देने के लिए प्रशिक्षित किया जाता है, और ऐसा कर सकने की उनकी योग्यता के आधार पर ही उनका आकलन किया जाता है। यदि विद्यार्थी सवाल पूछते भी हैं तो उनसे केवल 'पाठ्यपुस्तक' के वे ही सवाल पूछने की अपेक्षा की जाती है जो उनके स्कूल के पाठ्यक्रम के दायरे में आते हैं। ऐसे सवाल असली नहीं होते क्योंकि वे पूछने वाले की 'जानने' की असली जिज्ञासा से पैदा नहीं होते।

लोग असली सवाल कब पूछते हैं? जब हमें सचमुच में किसी चीज के बारे में जानने की जरूरत होती है, या फिर जो हम देखते हैं और जो हमारे मौजूदा ज्ञान का खाका होता है, उन दोनों के बीच एक फासला या टकराव पैदा होता है। हम सभी अपने रोजमर्रा के जीवन में असली सवाल पूछते हैं, खास तौर पर जब हमें कोई समस्या सुलझानी होती है। उदाहरण के लिए, हम किसी बस स्टैण्ड पर इन्तजार करने वाले अन्य लोगों से पूछ सकते हैं कि शहर की केन्द्रीय जगह पर जाने के लिए आपको कौन-सी बस लेना चाहिए, या सड़कों पर पुलिस वालों की बड़ी संख्या को देखकर हम अपने आप से या दूसरों से पूछ सकते हैं कि क्या हो रहा है, या फिर जब प्रेशर कुकर में आम दिनों की तुलना में ज्यादा दाल पका रहे हों तब हम खुद से पूछ सकते हैं कि यह सुनिश्चित करने के लिए कि वह ठीक से पक गई है

कितनी सीटियाँ पर्याप्त होंगी। हम निरन्तर अपने आस-पास के परिवेश के साथ अन्तर्क्रियाएँ करते रहते हैं, और समझने के उद्देश्य से सवाल पूछते रहते हैं, तथा कुछ मामलों में समस्याओं को हल करते हैं।

फिर, विद्यार्थी कक्षा में असली सवाल क्यों नहीं पूछते? इसका एक कारण यह हो सकता है कि उन्हें प्राकृतिक संसार के साथ सीधे अन्तर्क्रिया करने का मौका बिरले ही कभी मिलता है। इसके बजाय, विद्यार्थी ज्यादातर संसार को अप्रत्यक्ष रूप से किताबों और अपने शिक्षकों के माध्यम से समझने की निष्क्रिय प्रक्रिया में संलग्न रहते हैं। क्या प्राकृतिक संसार के साथ प्रत्यक्ष रूप से सीधे अन्तर्क्रियाएँ करने के अवसर विद्यार्थियों को असली सवाल पूछने के लिए प्रेरित करेंगे?

यह मालूम करने के प्रयास में हमने कक्षा 7 के 11 विद्यार्थियों (11 से 13 साल की उम्र वाले) के एक समूह के साथ एक तीन दिवसीय कार्यशाला आयोजित की। हम विद्यार्थियों को एक ऐसे बगीचे में ले गए जिसमें एक बहुरंगी पत्तियों वाला 'भेण्डी' (टालीपरीति टिलासियम) का पेड़ था (चित्र 1 को देखें)। इस सजावट वाले पेड़ में कुछ हरी पत्तियाँ, कुछ हरे और सफेद विषम हिस्सों वाली पत्तियाँ और कुछ पूरी तरह से सफेद पत्तियाँ होती हैं।

हम जानते हैं कि माध्यमिक स्कूलों में विज्ञान के विद्यार्थी इस प्रकार के वक्तव्यों से परिचित रहते हैं :

- पौधे अपना भोजन प्रकाश संश्लेषण कहलाने वाली एक प्रक्रिया के द्वारा स्वयं बनाते हैं।
- पत्तियाँ हरी होती हैं क्योंकि उनमें एक हरा रंजक (क्लोरोफिल) होता है।
- प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया बिना क्लोरोफिल के घटित नहीं हो सकती।

इन वक्तव्यों को मानते हुए, एक सफेद पत्ती जिसमें क्लोरोफिल की मौजूदगी दिखाई नहीं देती किस तरह से अपना भोजन बनाती है? और यदि वह अपना भोजन नहीं बना सकती, तो फिर वह जीवित कैसे रहती है?

यही वह सवाल था जो हमारे खुद के दिमागों में भी आया जब हमने इस पेड़ को पहली बार देखा। हमारे मन में दूसरे सवाल भी थे। क्या सफेद पत्तियों में कुछ हरा रंजक होता है? क्या सफेद पत्तियाँ उसी रफ्तार से बढ़ती हैं जिस रफ्तार से हरी पत्तियाँ बढ़ती हैं? क्या सफेद पत्तियों को उनका भोजन हरी पत्तियों से प्राप्त होता है? हम इस बात की पड़ताल करने के लिए शोध करते रहे हैं कि हम विद्यार्थियों को प्रश्न पूछने और योजना बनाकर खुद अपने स्तर पर जाँच-पड़ताल करने के द्वारा स्वयं उनका उत्तर देने के लिए प्रोत्साहित करने के माध्यम से उन्हें विज्ञान कैसे सिखा सकते हैं। इसलिए कार्यशाला के दौरान हमारी दिलचस्पी यह देखने में थी कि क्या विद्यार्थी भी इन सवालों में से कुछ पूछेंगे या नहीं। और यदि उन्होंने पूछे तो क्या वे इन सवालों के उत्तरों की जाँच-पड़ताल करने के तरीकों के बारे में सोचने में भी समर्थ होंगे।

हमने खुद कुछ न कहने का निर्णय लिया, बस विद्यार्थियों को पेड़ के पास ले गए। हमें आश्चर्य हुआ जब विद्यार्थी अपने आप एक-दूसरे से बात करने लगे और पेड़ के बारे में स्वयं से सवाल पूछने लगे। ये सवाल विविध प्रकार के पहलुओं के बारे में थे, जिनमें नई, पुरानी और गिरी हुई पत्तियों के रंग, आकृतियों और आकारों, काँटों तथा फूलों आदि से सम्बन्धित सवाल शामिल थे। उनके सभी सवाल दर्ज किए गए और उनको एक बोर्ड पर प्रदर्शित किया गया। विद्यार्थियों ने छोटे-छोटे समूहों में काम किया और इन सवालों की पड़ताल करने के तरीकों पर चर्चा की। प्रत्येक समूह ने अपनी पड़तालों की योजना बनाने और उसे क्रियान्वित करने का काम स्वयं किया जिसमें हमारी मदद बहुत मामूली थी।

इस लेख में हमने उन विभिन्न गतिविधियों का उल्लेख किया है जो इस परियोजना से निकलीं। इनमें से कुछ गतिविधियाँ हमारे द्वारा कार्यशाला के पहले कर ली गई थीं, कुछ अन्य की योजना बनाने और उन्हें क्रियान्वित करने का काम विद्यार्थियों के द्वारा



चित्र 1 : एक बहुरंगी पत्तियों वाली भेण्डी (टालीपरीति टिलासियम) का पेड़ - लगभग 2.5 मीटर ऊँचा। आभार : गुरिन्दर सिंह

अपने खुद के सवालों का उत्तर देने के लिए किया गया। हम यह अपेक्षा नहीं करते कि इन गतिविधियों को उसी चरणबद्ध ढंग से वैसे ही दोहराया जाएगा जिस तरह यहाँ उनका वर्णन किया गया है। हमारा उद्देश्य कुछ उदाहरणों को आपके साथ साझा करना है जो दर्शाते हैं कि विद्यार्थियों ने किस प्रकार बहुरंगी पत्तियों के सन्दर्भ का उपयोग सवाल को पैदा करने और वैज्ञानिक जाँच-पड़ताल को करने के लिए किया।

### क्या पौधे के बढ़ने के लिए क्लोरोफिल जरूरी है?

एक गतिविधि, जो कभी-कभी स्कूलों में यह सिद्ध करने के लिए की जाती है कि “प्रकाश संश्लेषण के लिए क्लोरोफिल का होना आवश्यक है”, यह है कि एक बहुरंगी पत्ती लेकर उसके हरे रंजक को अल्कोहल में घोल देना और यह दिखाना कि केवल वे ही क्षेत्र स्टार्च के लिए सकारात्मक परीक्षण देते हैं जो पहले हरे थे। परन्तु, यह थोड़ी जटिल विधि है, और यह वास्तव में यह सिद्ध नहीं करती कि प्रकाश संश्लेषण के लिए क्लोरोफिल का होना आवश्यक है, या यह भी कि प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया घटित भी हो रही है या नहीं। यह केवल यह सूचित करती है कि केवल हरे हिस्सों में स्टार्च होता है। यह विद्यार्थियों को ऐसे सवाल पूछने की ओर भी ले जा सकती है कि “फिर एक आलू में भी स्टार्च क्यों होता है जबकि वह हरा नहीं होता?” क्या आलू भी प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया करने में समर्थ होता है? हम यह भी पूछ सकते हैं कि स्टार्च प्रकाश संश्लेषण का सूचक है भी या नहीं।

हरे रंजक की मौजूदगी और भोजन के उत्पादन के बीच के सम्बन्ध की पड़ताल करने के लिए, यह मानते हुए कि अधिक भोजन के परिणामस्वरूप अधिक वृद्धि होगी, हमने बहुरंगी पत्तियों के उपयोग के कुछ सरल तरीके खोज लिए। यह सवाल पूछने के द्वारा ऐसा किया जा सकता है कि क्या सफेद पत्तियों, या पत्तियों के सफेद हिस्सों (उदाहरण के लिए, जैसे चित्र 2 में दर्शाया गया है) की कमजोर वृद्धि होती है।

हमारी एक अवधारणा यह थी कि सफेद पत्तियाँ कम वृद्धि वाली होंगी क्योंकि उनमें कम क्लोरोफिल होता है, जो कि प्रकाश संश्लेषण के घटित होने के लिए आवश्यक होता है। एक वैकल्पिक अवधारणा यह थी कि, उन नसों के सघन संजाल के कारण जो भोजन को पत्ती के एक भाग से दूसरे भाग तक या हरी से सफेद पत्तियों तक ले जा सकती थीं, सफेद पत्तियों या पत्तियों के सफेद भागों की वृद्धि कमजोर नहीं होगी। इन अवधारणाओं की पड़ताल करने के लिए निम्नलिखित गतिविधियाँ उपयोगी हो सकती हैं।



चित्र 2 : बहुरंगी भेण्डी (टालीपरीति टिलासियम) के पेड़ की विभिन्न प्रकार की पत्तियों में से कुछ की तुलना करें। आभार : कैरेन हेडॉक

### 1. क्या सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों से आकार में छोटी होती हैं?

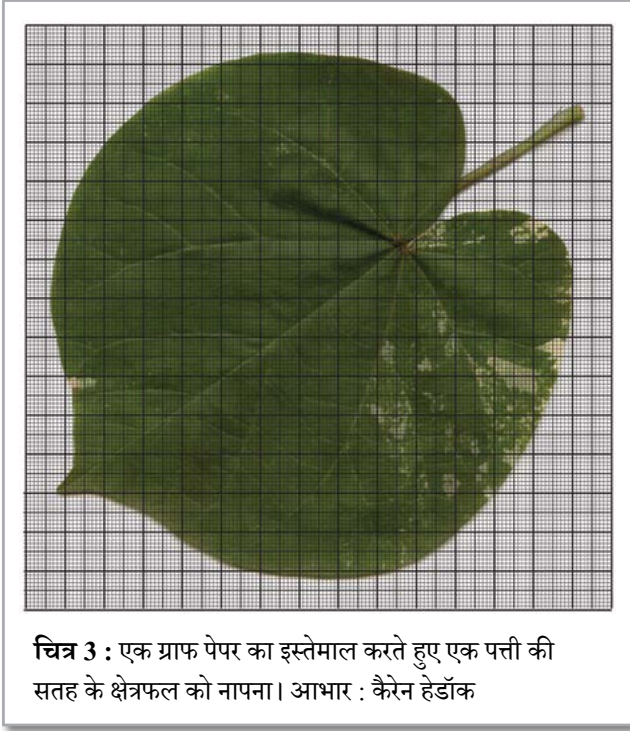
इस सवाल की पड़ताल सफेद और हरी पत्तियों के प्रतिनिधि नमूने चुनकर और उनके आकारों को नापकर की जा सकती है।

विद्यार्थी पत्तियों के आकारों की तुलना करने के लिए विविध प्रकार की तरकीबें ईजाद कर सकते हैं, जैसे कि स्केल के साथ या बगैर स्केल के, या सतह का क्षेत्रफल नापने के लिए एक ग्राफ पेपर का उपयोग करके (चित्र 3 देखें)। यह गतिविधि कक्षा 6 से कक्षा 10 के विद्यार्थियों के लिए उपयुक्त है, और यह विज्ञान तथा गणित को समेकित करने का एक अच्छा तरीका है। यह विद्यार्थियों को बेढंगे आकारों वाली वस्तुओं की सतह के क्षेत्रफल को नापने की तरकीबें ईजाद करने के लिए भी प्रेरित करती है।

### 2. क्या एक पौधे में हरी पत्तियों की तुलना में सफेद पत्तियों की संख्या कम होती है?

जिस पौधे का अध्ययन किया जा रहा है यदि वह छोटा है तो उसकी सारी पत्तियों को गिनना सम्भव हो सकता है। यह माध्यमिक स्कूल के विद्यार्थियों के लिए उपयुक्त होता है। इसका विकल्प यह है कि विद्यार्थियों को किसी तरह के नमूने लेने की विधि ईजाद करने की जरूरत पड़ सकती है - यह एक ऐसी गतिविधि है जो कक्षा 11 तथा 12 के विद्यार्थियों के लिए अच्छा अभ्यास हो सकती है। इस विधि के लिए कुछ सांख्यिकीय विधियों को सीखने और उनका उपयोग करने की आवश्यकता पड़ेगी।





**चित्र 3 :** एक ग्राफ पेपर का इस्तेमाल करते हुए एक पत्ती की सतह के क्षेत्रफल को नापना। आभार : कैरेन हेडॉक

बहुत थोड़ी परिपक्व सफेद पत्तियों और अनेक अपरिपक्व सफेद पत्तियों की मौजूदगी इस बात की सूचक हो सकती है कि हरी पत्तियाँ सफेद पत्तियों की अपेक्षा ज्यादा अच्छी तरह जीवित रहती हैं।

### 3. क्या किसी पत्ती के सफेद आधे भाग उसके हरे आधे भागों की तुलना में छोटे होते हैं?

इस सवाल का उत्तर तो पौधे से पत्तियाँ तोड़े बिना ही दिया जा सकता है। विद्यार्थी बस पत्ती को बीच की मोटी नस (मिडरिब) पर से मोड़कर देख सकते हैं कि कौन-सा हिस्सा ज्यादा बड़ा है (चित्र 4 देखें)।

यह कक्षा 4 या 5 के विद्यार्थियों के लिए भी एक आसान गतिविधि है। हमने इसे बहुरंगी भेण्डी की दर्जनों पत्तियों का परीक्षण करके आजमाया। हम एक भी ऐसी पत्ती नहीं खोज सके जिसमें अधिक सफेद अंश वाला अर्धभाग उतना ही बड़ा था जितना कि अधिक हरे अंश वाला अर्धभाग। इससे यह स्पष्ट संकेत मिलता था कि पत्तियों के सफेद हिस्से कमजोर वृद्धि वाले थे।

हमने इस बात पर भी गौर किया कि बहुरंगी पत्तियों की किनारियों पर दिखने वाले उभार उनके हरे हिस्सों पर थे (चित्र 5 देखें), जो इस निष्कर्ष की पुष्टि करता था कि बीच के सफेद हिस्सों की वृद्धि कमजोर थी। यह देखना दिलचस्प होगा कि क्या ये अवलोकन अन्य बहुरंगी पौधों के लिए भी लागू होते हैं।

### 4. क्या सफेद पत्तियों का वजन हरी पत्तियों से कम होता है?

इस सवाल का उत्तर देने के लिए हमने समान आकार की हरी और सफेद पत्तियों की तलाश की (जो थोड़ा मुश्किल काम था) और उन्हें इलेक्ट्रॉनिक तराजू पर तौला। हमें बहुत आश्चर्य हुआ जब हमने पाया कि कुछ हरी पत्तियों का वजन उसी आकार की सफेद पत्ती के वजन से काफी कम था। परन्तु जब उन्हीं पत्तियों को सुखा दिया गया, तो आम तौर पर सफेद पत्तियों का वजन हरी पत्तियों से कम निकला। यह इस बात का सूचक था कि शायद सफेद पत्तियाँ कम भोजन पैदा कर रही हैं, या कम से कम उसे कम मात्रा में संचित कर रही हैं। या फिर, शायद हरे हिस्से अधिक कोशिकाओं या पदार्थ की अधिक मात्रा का उत्पादन करते हैं।

### 5. क्या सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों की तुलना में ज्यादा पतली होती हैं?

इस सवाल की पड़ताल कार्यशाला में भाग लेने वाली तीन लड़कियों के द्वारा की गई (चित्र 6 देखें)।

उन्होंने इस सवाल का उत्तर देने के लिए अपनी खुद की विधि ईजाद की। उन्होंने पत्तियों को छूकर उन्हें महसूस किया और इस तरह उनकी मोटाई का अनुमान लगाया। हर विद्यार्थी बारी-बारी से खड़े होकर और अपनी आँखों को बन्द करके अपने दोनों हाथों को आगे की ओर फैला देती थी। उसकी साथिनें उसके एक हाथ में एक हरी पत्ती रख देती थीं और दूसरे हाथ में एक सफेद पत्ती। बन्द आँखों वाली लड़की दोनों पत्तियों को महसूस करती और उस पत्ती को जोर से बोलकर बताती जो उसके अनुभव के अनुसार ज्यादा पतली थी। प्रत्येक लड़की ने 15 अलग-अलग पत्तियों के ऐसे जोड़ों का परीक्षण किया जिनमें से एक पत्ती अधिकांश हिस्से में हरी थी और दूसरी अधिकांश हिस्से में सफेद (पत्तियों के उसी जोड़े का परीक्षण एक से ज्यादा व्यक्तियों द्वारा नहीं किया गया)। उन तीनों लड़कियों ने इस



**चित्र 4 :** एक बहुरंगी पत्ती के सफेद तथा हरे अर्ध भागों के सापेक्ष आकारों की तुलना करना। आभार : कैरेन हेडॉक



**चित्र 5 :** उभारों को दर्शाती हुई एक बहुरंगी पत्ती। आभार : कैरेन हेडॉक

प्रयोग के परिणाम एक तालिका में दर्ज किए। उन्होंने बताया कि 11 मामलों में सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों से ज्यादा पतली थीं (जैसी कि उनके प्रारम्भिक अवलोकनों के आधार पर उन्होंने अपेक्षा की थी), और दो मामलों वे एक-सी मोटाई की प्रतीत हुई थीं। दो अन्य मामलों में हरी पत्तियाँ सफेद पत्तियों से ज्यादा पतली मालूम पड़ी थीं। इनमें से भी एक मामले में, उन्होंने गौर किया कि हरी पत्ती का रंग - उसके पास की ही एक मोटी गहरे हरे रंग की पत्ती की तुलना में - वास्तव में हरे रंग का एक हल्का शेड (ज्यादा चमकदार और पीलापन लिए हुए) था। साथ ही वह काफी ज्यादा दुर्बल थी। हालाँकि वह काफी बड़े आकार की पत्ती थी, परन्तु वह शायद अपरिपक्व थी। इस जाँच-पड़ताल के आधार पर उन लड़कियों ने निष्कर्ष निकाला कि सामान्य रूप से भेण्डी के पेड़ की सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों की तुलना में ज्यादा पतली होती हैं, शायद इसलिए क्योंकि वे अपने लिए पर्याप्त भोजन उत्पादित करने में असमर्थ रहती हैं, तथा/या पौधे की अन्य पत्तियों से उन्हें पर्याप्त भोजन नहीं मिलता।

### 6. क्या हरी पत्तियों की तुलना में सफेद पत्तियाँ ज्यादा तेजी से मुरझाती हैं?

उसी कार्यशाला में 13 साल की उम्र के चार लड़कों के समूह ने निढाल-सी और सिकुड़ी हुई सफेद पत्तियों को एक ऐसी शाखा पर देखा जिसे रात भर एक पानी से भरे गिलास में रखा गया था। इसके विपरीत, उसी शाखा पर की हरी पत्तियाँ 'स्वस्थ' (वास्तव में फूली हुई) बनी रही थीं।

इसलिए उन लड़कों ने अवधारणा बनाई कि सफेद पत्तियाँ



**चित्र 6 :** पत्तियों को छूकर महसूस करना। आभार : कैरेन हेडॉक

उतनी स्वस्थ नहीं होतीं जितनी कि हरी पत्तियाँ होती हैं, क्योंकि सफेद पत्तियाँ अपना खुद का भोजन नहीं बना सकतीं और वे हरी पत्तियों के द्वारा उन्हें प्रदान किए जाने वाले भोजन पर निर्भर रहती हैं। उन्होंने इसका परीक्षण तीन प्रकार की शाखाओं - वे जिन पर केवल हरी पत्तियाँ थीं, वे जिन पर केवल सफेद पत्तियाँ थीं, और वे जिन पर हरी और सफेद मिश्रित पत्तियाँ थीं - की तुलना करके किया। उन्होंने प्रत्येक प्रकार की एक शाखा को पानी में रखकर रात भर के लिए छोड़ दिया। उन्होंने प्रत्येक प्रकार की एक शाखा को मिट्टी में भी गाड़ा और उनमें पानी डालने के बाद उन्हें रात भर के लिए छोड़ दिया। (चित्र 7 देखें)। अगले दिन, वे यह देखकर बेहद खुश हुए कि सफेद पत्तियों की वह शाखा जिसे उन्होंने मिट्टी में गाड़ा था वाकई में हरी पत्तियों वाली शाखा की तुलना में काफी ज्यादा निढाल हो गई थी, जबकि मिश्रित सफेद और हरी पत्तियों वाली शाखा की हालत देखने में इन दोनों के कहीं बीच की थी (चित्र 8 ए तथा 8 बी की छवियों को देखें)। परन्तु, जिस चीज ने उन्हें उलझन में डाल दिया वह थी कि जिन शाखाओं को उन्होंने पानी में रखा था उनके मामले में ठीक उल्टी बात सच थी (चित्र 8 सी तथा 8 डी को देखें)।

परन्तु, फिर उन्हें याद आया कि बोतलों में से दो ठण्डे पानी से भरी गई थीं, जबकि अन्य में कमरे का तापमान का पानी भरा गया था। शायद इसने यह अन्तर पैदा किया हो? इसके परिणामस्वरूप बदलने वाले कारकों और जिस एक कारक का परीक्षण किया जा रहा हो, उसको छोड़कर अन्य सभी कारकों को नियंत्रित रखने की कोशिश करने के महत्व पर चर्चा हुई। हो सकता है कि यह पहला ऐसा वैज्ञानिक प्रयोग था जो इन 13



साल की उम्र वाले विद्यार्थियों ने कभी भी स्वयं संचालित किया था, और हमें यह जानकर खुशी हुई कि उन्होंने, हमारे बिना किसी भी प्रकार के उकसावे के, खुद से ही अतिरिक्त कारक (ठण्डा या गरम पानी) की समस्या को उठाया था।

**अब आपकी बारी है**

भेण्डी या अन्य बहुरंगी पौधों का इस्तेमाल करते हुए विद्यार्थी और कौन-से सवाल की छानबीन कर सकते हैं? आप विद्यार्थियों को किसी बगीचे या किसी अन्य ऐसी जगह ले जा सकते हैं जहाँ बहुरंगी पत्तियों वाला पौधा हो, और फिर उन्हें छानबीन करने, बात करने, चर्चा करने, खेलने और प्रयोग करने दें, जिसके दौरान उन्हें जहाँ तक सम्भव हो आप खुद कम से कम कुछ बताएँ, खास तौर पर तब जब वे सवाल पूछने लगें। उनको योजना बनाने और जाँच-पड़ताल को संचालित करने में कुछ सहायता की जरूरत पड़ सकती है।

इस पद्धति की खूबसूरती यही है कि आपको अपने विद्यार्थियों



**चित्र 7 :** मिट्टी में शाखाएँ गाड़ते हुए लड़के। आभार : गुरिन्दर सिंह



**चित्र 8 ए तथा 8 बी :** मिट्टी में गाड़ी गई शाखाएँ, पहले और बाद में। आभार : कैरेन हेडॉक



**चित्र 8 सी तथा 8 डी :** पानी में रखी गई शाखाएँ, पहले और बाद में। आभार : कैरेन हेडॉक

## संसाधन

बहुसंजी पत्तियों के बारे में ज्यादा जानकारी के लिए यूनिवर्सिटी ऑफ कैलिफोर्निया, लॉस एंजिल्स, यूएसए में स्थित मिलड्रेड ई मेथायस बोटेनिकल गार्डन की वेबसाइट के सामान्य वनस्पति विज्ञान के खण्ड को देखें : <http://tinyurl.com/qgpl6y2> आप बहुसंजी पौधों के बारे में और अधिक यूनिवर्सिटी कालेज की वेबसाइट से भी जान सकते हैं : <http://tinyurl.com/p2m7vgq> पौधों की बहुसंजी पत्तियों की छवियों की लाइब्रेरी के लिए देखें वेबसाइट : <http://tinyurl.com/ojpu9rr>

को यह बताने की जरूरत नहीं पड़ती कि उन्हें चरणबद्ध ढंग से क्या-क्या करना है। सीमित मार्गदर्शन के साथ ही, जिन विद्यार्थियों ने पहले कभी भी प्रयोग न किया हो, वे भी अपनी खुद की तरकीबें ईजाद कर लेते हैं, उनको क्रियान्वित करते हैं और अपने प्रयोगों को अधिक परिष्कृत बनाते हैं।

बहुसंजी पत्तियों वाले पौधों की अन्य प्रजातियों के साथ इसी प्रकार की जाँच-पड़ताल में हमें थोड़े भिन्न परिणाम प्राप्त हुए। यह हमारे निष्कर्षों को और भी अधिक रोचक बनाता है, शायद सभी बहुसंजी पत्तियाँ उनके सफेद क्षेत्रों में स्पष्ट रूप से कमजोर वृद्धि नहीं दर्शातीं?

हम आशा करते हैं कि यह लेख आपको इस बात के लिए प्रेरित करेगा कि आप अपने विद्यार्थियों को उनके खुद के असली सवाल उठाने दें और अपनी खुद की जाँच-पड़ताल करने के द्वारा उनका उत्तर देने दें!

## भेण्डी के विकल्प

भेण्डी के अलावा, सजावटी पौधों की अन्य कई प्रजातियाँ भी हैं जिनका इसी प्रकार की जाँच-पड़तालों के लिए उपयोग किया जा सकता है। इनमें से कुछ की सूची नीचे दी गई है :

बहुसंजी गिंगको (गिंगको बिलोबा वैर.)

बहुसंजी मेपल्स (एसर दाविदिआई हांसू सुरू, एसर प्लाटनाओल्ड्स वेरिगेटम)

ऐरालिया इलाटा 'औरियोवेरीगाटा'

क्लाउन फिग (फाइकस ऐस्पेरा)

कैलाडियम की कुछ किस्में

ड्राकाएना की कुछ किस्में

होस्टा की कुछ प्रजातियाँ



**गुरिन्दर सिंह** होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस एजुकेशन, मुम्बई में साइंस एजुकेशन में पीएच.डी. कर रहे हैं। उनके शोधकार्य की रुचियाँ इसका अध्ययन करने में हैं कि माध्यमिक स्कूलों के विद्यार्थी तब विज्ञान कैसे सीखते हैं जब उन्हें खुद के सवाल पूछने और उनकी पड़ताल करने के अवसर दिए जाते हैं। उनके पास सैकेण्डरी तथा सीनियर सैकेण्डरी स्तर पर भौतिकविज्ञान पढ़ाने का लगभग आठ वर्षों का अनुभव है। गुरिन्दर से [gurinder@hbcse.tifr.res.in](mailto:gurinder@hbcse.tifr.res.in) या [gurinderphysics@gmail.com](mailto:gurinderphysics@gmail.com) पर सम्पर्क किया जा सकता है।

**कैरेन हेडॉक** होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस एजुकेशन, मुम्बई में फैकल्टी की सदस्य हैं। वे यूएसए में बायोफिजिक्स में अपनी पीएच.डी. पूरी करने के बाद, 1985 से भारत में एक शोधकर्ता, शिक्षाविद, वैज्ञानिक, शिक्षक और कलाकार की तरह कार्य कर रही हैं। गुरिन्दर के साथ विद्यार्थियों के सवाल पूछने पर कार्य करने के अलावा, उनका हाल का शोधकार्य इन विषयों पर रहा है : (1) कला और विज्ञान करने की प्रक्रियाओं में परस्पर एक-दूसरे को व्याप्त करने के दायरे (ओवरलैप्स), (2) विकास के बारे में सीखने की राह में आने वाली समस्याएँ और उनके समाधान, और (3) यह सवाल कि किसान विज्ञान करते हैं या नहीं। उन्होंने अनेक कहानी की किताबें और पाठ्यपुस्तकें लिखी हैं और उनके चित्र भी बनाए हैं। उन्होंने शिक्षकों की शिक्षा और पढ़ाने की विधियों तथा पाठ्यक्रमों के क्षेत्रों में भी व्यापक रूप से काम किया है। कैरेन से [haydock@gmail.com](mailto:haydock@gmail.com) या [www.khaydock.com](http://www.khaydock.com) पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद** : भरत त्रिपाठी