अध्याय – 6

जड़, तना एवं पत्ती की आन्तरिक संरचना

(Anatomy of Root, Stem and Leaf)

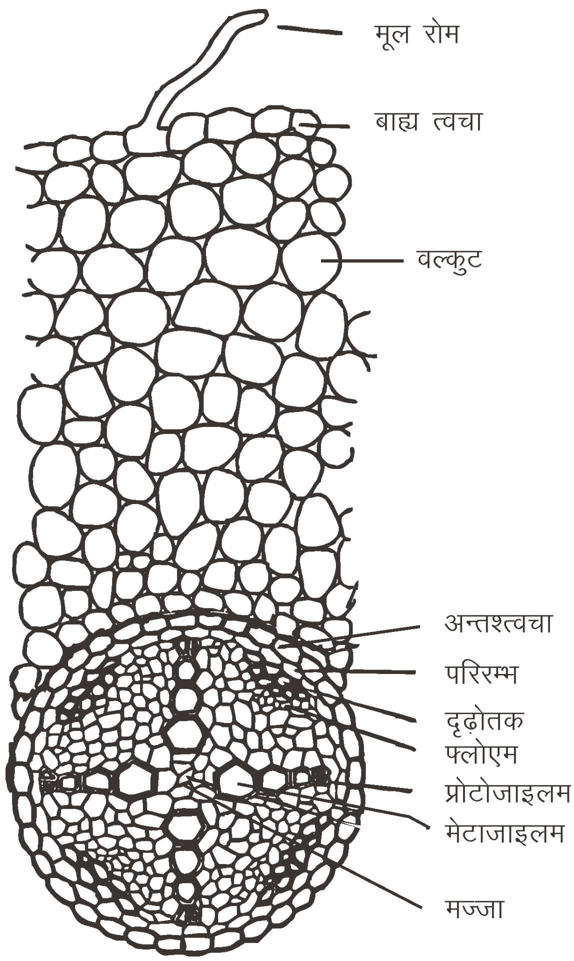
पादप में किसी भी भाग की आन्तरिक संरचना के अध्ययन के लिये उसके भाग को अनुप्रस्थ एवं अनुद्धेर्य काट में काटा जाता है। इनमें प्रमुख अनुप्रस्थ काट (Transverse section) है। इस काट में विभिन्न ऊतक तंत्र व ऊतकों की संरचना एवं उनके क्षेत्र का पता लग जाता है। एक बीजपत्री व द्विबीजपत्री आवृतबीजी पौधों के अंगों की आन्तरिक संरचना में कई विभिन्नताएं देखने को मिलती है इसलिये इनका अध्ययन अलग–अलग किया जाता है।

जड़ की आन्तरिक संरचना के लक्षण

मूल की अधिचर्म (Epidermis) को मूलीय त्वचा (Epiblema) भी कहते हैं जिस पर अनेकों एककोशिकीय (Unicellular) मूल रोम (Root hair) पाये जाते हैं। इनमें रन्ध्र (Stomata) एवं उपत्वचा (Cuticle) का अभाव होता है। मूलीय त्वचा के अन्दर की ओर वल्कुट (Cortex) क्षेत्र पाया जाता है। अंतश्चर्म (Endodermis) तथा परिरम्भ (Pericycle) सुविकसित होती है। संवहन पूल (Vascular bundle) अरीय (Radial) होते हैं जिसमें जाइलम व फ्लोएम एकान्तर क्रम में अलग–अलग त्रिज्या पर स्थित होते हैं। जाइलम सदैव बाह्यआदिदारूक (Exarch) होता है जिसमें प्रोटोजाइलम परिधि की ओर व मेटाजाइलम केन्द्र की ओर पाया जाता है इनकी संख्या द्विबीजपत्री मूल में 2 से 6 व एकबीजपत्री में 6 से अधिक होती है। जाइलम व फ्लोएम के बीच पाये जाने वाला संयोजी ऊतक (Conjunctive tissue) सामान्यत: मृदुतक का बना होता है। मूल में प्राथमिक पार्श्वीय विभज्योतक कैम्बियम का अभाव होता है। एकबीजपत्री मूल में कोई द्वितीयक वृद्धि नहीं होती जबकि द्विबीजपत्री मूल में द्वितीयक विभज्योतक कैम्बियम के बनने के उपरान्त द्वितीयक वृद्धि होती है।

द्विबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना

द्विबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना के अध्ययन के लिये सूरजमुखी या चने की मूल का अनुप्रस्थ काट का अध्ययन किया जाता है। अनुप्रस्थ काट में निम्नलिखित भाग दिखाई देते हैं (चित्र 6.1)।



चित्र 6.1 : द्विबीजपत्री मूल की अनुप्रस्थ काट का कोशिकीय चित्र

1. अधिचर्म (Epidermis) – यह मूल की सबसे बाहरी परत, उपत्वचा (Cuticle) रहित होती है। इसकी कोशिकाएं आपस में सटी हुई ढोलक के आकार की होती है। इसमें से कुछ कोशिकाएं बाहर की ओर निकल कर एककोशिकीय मूल रोम बनाती है।

2. वल्कुट (Cortex) – यह अधिचर्म के अन्दर की ओर पतली भित्ति वाली मृदुतकी कोशिकाओं की कई परतों से बना होता है। इनमें अन्तरकोशिक स्थल अधिक पाये जाते हैं। इनमें खाद्य पदार्थों का संचय भी होता है।

3. अन्तस्त्वचा (Endodermis) – यह वल्कुट की सबसे भीतरी व अन्तिम एकस्तरीय परत है। यह अन्य कोशिकाओं से भिन्न दिखाई देती है। इस परत की कोशिकाएं आपस में सटी हुई बिना अन्तरकोशिक स्थान वाली होती है। इन कोशिकाओं की अरीय (Radial) भित्ति पर केस्पेरियन स्ट्रीप (Casparian strips) पाई जाती है जो मुख्यतया सुबेरिन की बनी होती है। अन्तश्त्वचा में प्रोटोजाइलम के सामने वाली कोशिकाओं में कैस्पेरियन पट्टियाँ अनुपस्थित होती हैं इन कोशिकाओं को पथ कोशिकाएं (Passage cells) कहते हैं।

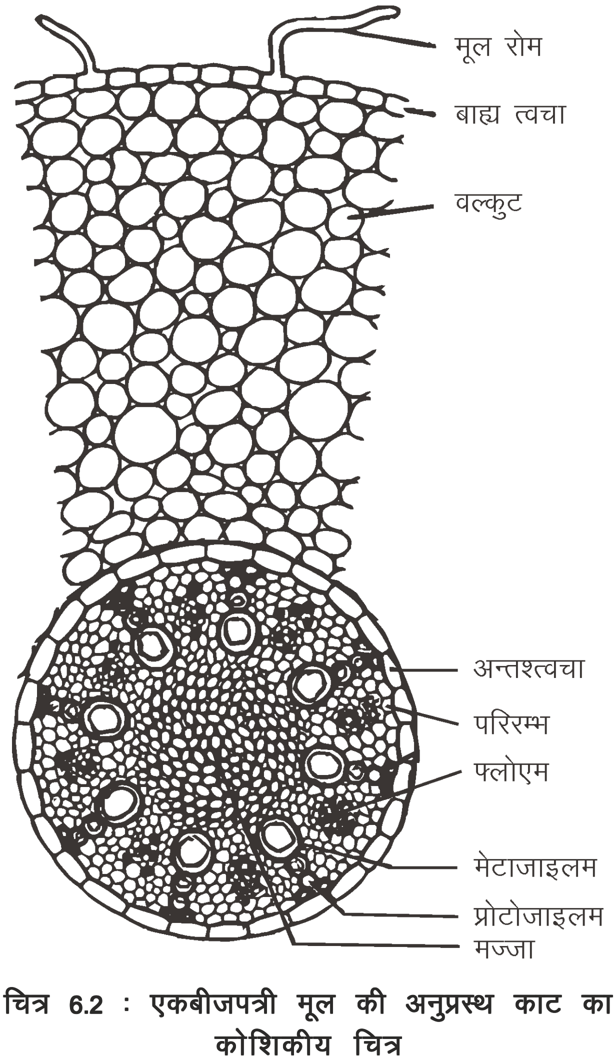
4. परिरम्भ (Pericycle) – यह एककोशिकीय मोटी परत मृदुतक कोशिकाओं से बनी होती है। परिरम्भ अन्तस्त्वचा के अन्दर तथा संवहन पूल व मज्जा को घेरे रहती है। द्वितीयक वृद्धि के समय इस परिरंभ से ही कैम्बियम बनती है। मूल की पार्श्व शाखाओं (Lateral roots) का विकास इसी परत से होता है। मूल की पार्श्व शाखाएं अन्तर्जात (Endogenous) होती है एवं प्रोटोजाइलम के विपरीत भाग की परिरम्भ की कोशिकाओं से इनकी उत्पत्ति होती है।

संवहन पूल (Vascular bundles) – संवहन पूल अरीय (Radial) तथा बहिःआदिदारूक (Exarch) होते हैं। द्विबीजपत्री जड़ों में संवहन पूलों की संख्या 2–6 होती है जाइलम पूलों की संख्या के आधार पर जड़ों को द्विआदिदारूक (Diarch), त्रिआदिदारूक (Triarch), चतुरादिदारूक (Tetrarch), पंचादिदारूक (Pertarch) एवं षष्टादिदारूक (Hexarch) कहते हैं। प्रोटोजाइलम तत्व छोटे तथा परिरम्भ के निकट होते हैं। इनमें सर्पिलाकार, वलयाकार या जालिकारूप स्थूलन पाया जाता है। मेटाजाइलम के तत्व अधिक व्यास के, बड़े व केन्द्र की ओर होते हैं। मूल के केन्द्रीय भाग में मेटाजाइलम होने की वजह से मज्जा बहुत ही छोटी या फिर अनुपस्थित होती है। फ्लोएम में चालनी नलिकाएं, सहकोशिकाएं तथा फ्लोएम मृदुतक होता है। प्रोटोफ्लोएम परिधि की ओर तथा मेटाफ्लोएम केन्द्र की ओर होता है। जाइलम तथा फ्लोएम समूहों के बीच–बीच में संयोजी ऊतक (Conjunctive tissue) स्थित रहते हैं।

मज्जा (Pith) – द्विबीजपत्री मूलों में मज्जा अल्पविकसित या अनुपस्थित होती है। मज्जा अन्तराकोशिक स्थलों युक्त मृदुतक की बनी होती है।

एकबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना

एकबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना के अध्ययन के लिये मक्का (*Zea mays*) की जड़ का अध्ययन किया जाता है। एकबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना बहुत अधिक द्विबीजपत्री मूल के समान ही होती है (चित्र 6.2)। इसमें भी बाह्य त्वचा, वल्कुट, अन्तस्त्वचा, परिरंभ, संवहन बंडल तथा मज्जा होते हैं। एकबीजपत्री मूलों में अरीय संवहन पूलों की संख्या छः से अधिक [(बहुआदिदारूक (Polyarch)] होती है। इसमें मज्जा भी बड़ी व सुविकसित होती है। इसमें कोई कैम्बियम नहीं बनता अतः इनमें द्वितीयक वृद्धि भी नहीं होती।



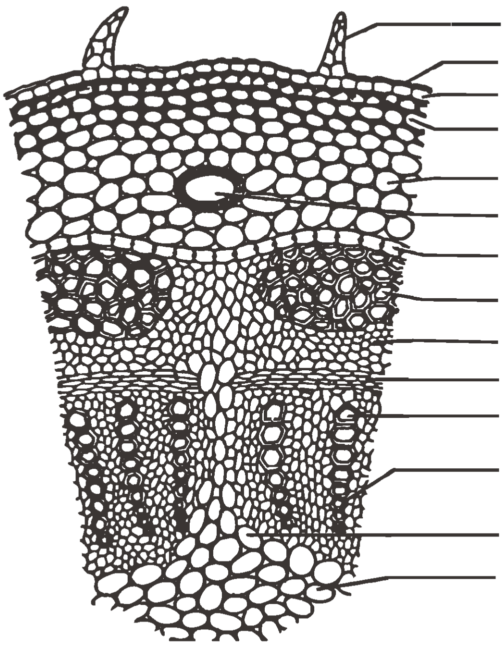
चित्र 6.2 : एकबीजपत्री मूल की अनुप्रस्थ काट का कोशिकीय चित्र

तने की आन्तरिक संरचना के लक्षण

तने की अधिचर्म के बाहरी ओर प्रायः उपत्वचा (Cuticle) पायी जाती है। तने की अधिचर्म पर सामान्यतः बहुकोशिक रोम (Multicellular hairs) एवं रन्ध्र (Stomata) भी पाये जाते हैं। द्विबीजपत्री पौधों के तनों में अधिचर्म के अन्दर वल्कुट क्षेत्र विभिन्न सरल ऊतकों में विभेदित या अविभेदित (केवल मृदुतक का) भी हो सकता है एकबीजपत्री तनों में वल्कुट व मज्जा नहीं पाये जाते। संवहन पूल (Vascular bundle) संयुक्त (Conjoint), बहिफ्लोएमी (Collateral), खुले (Open) या बन्द (Closed), एक वलय (Ring) में या बिखरे हुए (Scattered) पाये जाते हैं। जाइलम सदैव अन्तःआदिदारूक (Endarch) होता है जिसमें प्रोटोजाइलम केन्द्र की तरफ पाया जाता है।

द्विबीजपत्री तने की आन्तरिक संरचना

द्विबीजपत्री पौधे के स्तम्भ की आन्तरिक संरचना को समझने के लिये सूर्यमुखी (Sunflower) पादप के तने का अध्ययन करते हैं। अनुप्रस्थ काट में निम्नलिखित भाग दिखाई देते हैं (चित्र 6.3)।



चित्र 6.3 : द्विबीजपत्री तने की अनुप्रस्थ काट का कोशिकीय चित्र

बाह्य त्वचा (Epidermis) – यह तने की सबसे बाहरी एककोशिका मोटी परत होती है। इसके ऊपर बहुकोशिकीय रोम तथा रन्ध्र पाये जाते हैं। इसके बाहर की तरफ क्यूटिन नामक पदार्थ की बनी उपत्वचा (Cuticle) पाई जाती है। बाह्य त्वचा का मुख्य कार्य सुरक्षा प्रदान करना है।

वल्कुट (Cortex) – यह तीन भागों में विभक्त होता है–

(i) अधस्त्वचा (Hypodermis) – यह बाह्यत्वचा के अन्दर का क्षेत्र है जो स्थूल कोण ऊतक (Collenchyma) से बना होता है तथा इसमें हरितलवक भी पाया जाता है। यह प्रकाश संश्लेषण व पौधे को लचीलापन देने में सहायक है।

(ii) सामान्य वल्कुट (General cortex) – यह अनेक परतों में मृदुतक कोशिकाओं से बना होता है। कोशिकाएं गोलाकार या अण्डाकार होती है तथा इनके मध्य अन्तरकोशिकीय स्थल पाये जाते हैं। इसमें रेजिन नलिकाएं (Resin ducts) भी पाई जाती है। इसका मुख्य कार्य भोजन संग्रह करना है।

(iii) अन्तस्त्वचा (Endodermis) – यह ढोलकाकार कोशिकाओं से बनी वल्कुट की सबसे अंदर वाली परत है। इसकी कोशिकाएं आपस में सटी होती है। इसकी कोशिकाओं में स्टार्च के कण पाये जाते हैं तथा इसमें केस्पेरियन पट्टियां भी दिखाई देती है।

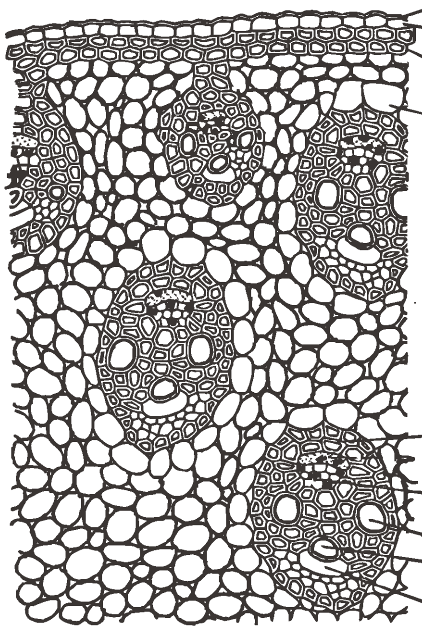
परिरम्भ (Pericycle) – यह परत अन्तस्त्वचा एवं संवहन पूलों के मध्य स्थित होती है। यह कई परतों की होती है तथा इसमें दृढ़ोतक (Sclerenchyma) एवं मृदुतक (Parenchyma) एकान्तरित क्रम में पाये जाते हैं। संवहन पूल के सामने स्थित परिरम्भ दृढ़ोतकी तथा शेष मृदुतकी होता है। यह विषमांगी (Heterogenous) प्रकार का परिरम्भ है। संवहन पूल के बाहर का दृढ़ोतकी परिरम्भ छत्रक के समान दिखाई देने के कारण इसे पूल छत्रक (Bundle cap) कहते हैं।

संवहन पूल (Vascular bundle) – संवहन पूलों की संख्या निश्चित नहीं होती और ये एक वलय में उपस्थित होते हैं। प्रत्येक संवहन पूल संयुक्त (Cojoint), बहिःपोषवाही (Colleteral), अन्तःआदिदारूक (Endarch), और वर्धी (Open) होते हैं। संवहन पूल में फ्लोएम बाहर की ओर तथा जाइलम अन्दर की ओर होता है। फ्लोएम व जाइलम के मध्य स्थित कैम्बियम को पूलीय कैम्बियम (Vascular cambium) अथवा अन्तःपूलीय कैम्बियम (Intravascular cambium) कहते हैं। जाइलम का प्रोटोजाइलम मज्जा की ओर होता है इस अवस्था को अन्तःआदिदारूक (Endarch) कहते हैं। एधा (Cabium) में विभाजनशील कोशिकाएं होती है। ये विभाजन करके पौधे की द्वितीयक वृद्धि में सहायक होती है। ये अन्दर की ओर द्वितीयक जाइलम व बाहर की ओर द्वितीयक फ्लोएम बनाती है।

मज्जा (Pith) – यह संवहन पूलों की वलय से केन्द्र तक फैला होता है। ये मृदुतक कोशिकाएं होती है इनके मध्य अन्तरकोशिकीय स्थल पाये जाते हैं। संवहन पूलों के बीच में अरीय रूप में पाये जाने वाले भाग को मज्जा किरणें (Pith rays or medullary rays) कहते हैं। यह भी मृदुतक का बना होता है।

एकबीजपत्री तने की आन्तरिक संरचना

मक्का के तने का अध्ययन एकबीजपत्री तने के उदाहरणस्वरूप किया जाता है। इसमें निम्न क्षेत्र पाये जाते हैं (चित्र 6.4)।



चित्र 6.4 : एकबीजपत्री तने की अनुप्रस्थ काट का कोशिकीय चित्र

बाह्य त्वचा (Epidermis) – एककोशिकीय मोटी सबसे बाहरी परत है जिस पर मोटी क्यूटिकल व रन्ध्र पाये जाते हैं। इस पर रोम नहीं पाये जाते।

अधस्त्वचा (Hypodermis) – बाह्य त्वचा के अन्दर 3–4 परतों की अधस्त्वचा होती है जो दृढ़ोतक की बनी होती है। यह पादप को यांत्रिक अवलम्बन प्रदान करती है।

भरण ऊतक (Ground tissue) – एकबीजपत्री तनों में भरण ऊतक वल्कुट व मज्जा में विभेदित नहीं होता। अधस्त्वचा से लेकर केन्द्र तक फैला हुआ क्षेत्र मृदुतक का बना होता है। इसमें बहुत से संवहन पूल धंसे रहते हैं तथा यह भोजन संग्रहण के काम आता है।

संवहन पूल (Vascular bundles) – एकबीजपत्री तने में संवहन पूल संयुक्त, बहिःपोषवाही तथा अवर्धी (Closed) होते हैं। ये भरण ऊतक में बिखरे होते हैं। परिधि की ओर स्थित संवहन पूल आकार में छोटे तथा अधिक संख्या में होते हैं, केन्द्र की ओर स्थित संवहन पूल आकार में बड़े व कम संख्या में होते हैं। प्रत्येक पूल के चारों ओर दृढ़ोतक का आवरण पाया जाता है इसे पूल आच्छद (Bundle sheath) कहते हैं। फ्लोएम में चालनी नलिकाएं व सहकोशिकाएं होती हैं। जाइलम में वाहिकाओं की संख्या कम होती है। मेटाजाइलम में दो बड़ी वाहिकाएं तथा प्रोटोजाइलम में एक या दो छोटी वाहिकाएं पाई जाती है। वाहिकाएं 'V' अथवा 'Y' का आकार में व्यस्थित होती है। प्रोटोजाइलम कोशिकाओं के नीचे एक लयजात जल गुहिका (Schizogenous cavity) पाई जाती है जो प्रोटोजाइलम के पास स्थित मृदुतक कोशिकाओं के टूटने से बनती है। एकबीजपत्री तनों में मज्जा (Pith) अनुपस्थित होती है।

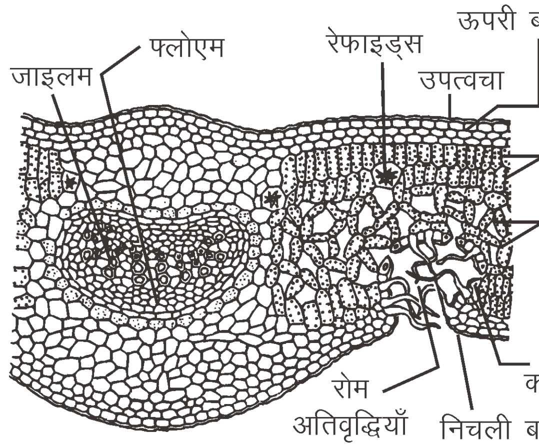
पत्ती की आन्तरिक संरचना

सामान्यतः तने व मूल की गोल आकृति के विपरीत पत्तियों की आकृति चपटी होती है। इन्हें दो वर्गों में रखा जाता है – पृष्ठाधारी (Dorsiventral) एवं समद्विपार्श्व (Isobilateral)।

पृष्ठाधारी पत्तियां तने के समकोण पर लगी होती है इनकी ऊपरी सतह पर प्रकाश की अधिक मात्रा पड़ती है फलस्वरूप दोनों सतह की संरचना में अंतर होता है। समद्विपार्श्व पत्तियां तने पर लगभग समानान्तर लगी होती है जिससे इनकी दोनों सतह पर प्रकाश की समान मात्रा पड़ती है। अतः दोनों सतहों की संरचना समान होती है। पृष्ठाधारी पत्तियां द्विबीजपत्रियों में जबकि समद्विपार्श्व पत्तियां एकबीजपत्रियों में पाई जाती है।

द्विबीजपत्री पर्ण की आन्तरिक संरचना

द्विबीजपत्री पर्ण की आन्तरिक संरचना का अध्ययन कनेर (Nerium) की पत्ती के उदाहरण को लेकर करते है। यह एपोसाइनेसी (Apocynaceae) कुल का सदस्य अर्धशुष्क जलवायु में पाया जाता है। पत्ती लेन्स (Lanceolate) आकृति की होती है। मध्यशिरा का क्षेत्र कुछ अधिक मोटा होता है। पर्ण की अनुप्रस्थ काट में निम्नलिखित आन्तरिक संचना पाई जाती है (चित्र 6.5)।



चित्र 6.5 : द्विबीजपत्री पत्ती की आन्तरिक संरचना

अधिचर्म (Epidermis) – पर्ण की ऊपरी व निचली अधिचर्म एक से तीन कोशिका स्तरों की बनी होती है। इन स्तरों की कोशिकाएं परस्पर सघन सटी हुई व समव्यासी होती है। पत्ती की दोनों सतहों की संरचना में अन्तर पाया जाता है। दोनों सतह पर क्यूटिकल पाई जाती है लेकिन ऊपरी सतह पर क्यूटिकल की मोटाई अधिक होती है। ऊपरी अधिचर्म पर रन्ध्र नहीं पाये जाते। रन्ध्र केवल निचली सतह पर ही मिलते है इसे अधोरन्ध्रीय (Hypostomatic) कहते हैं। निचली सतह पर रोम अतिवृद्धियां भी पाई जाती है जो रन्ध्रों को ढक लेती है जिससे वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो जाती है।

पर्णमध्योत्तक (Mesophyll) – दोनों अधिचर्मों के मध्य में स्थित प्रकाशसंश्लेषी ऊतक को पर्णमध्योतक कहते हैं। पर्णमध्योत्तक में दो प्रकार के ऊतक, खंभ ऊतक (Palisade tissue) व स्पंजी ऊतक (Spongy tissue) पाये जाते हैं। ऊपरी अधिचर्म के नीचे खम्भ ऊतक व निचली अधिचर्म के भीतर स्पंजी ऊतक मिलते है। खम्भ ऊतक की कोशिकाएं सघन हरितलवक युक्त लम्बी खम्भाकार तथा आपस में सटी हुई होती है। जबकि स्पंजी ऊतक की कोशिकाओं में अपेक्षाकृत कम हरितलवक व अन्तराकोशिक स्थान पाये जाते हैं। इन अन्तराकोशिक स्थानों का जुड़ाव रन्ध्रों से होता है जिससे गैसों का आदान–प्रदान होना संभव होता है।

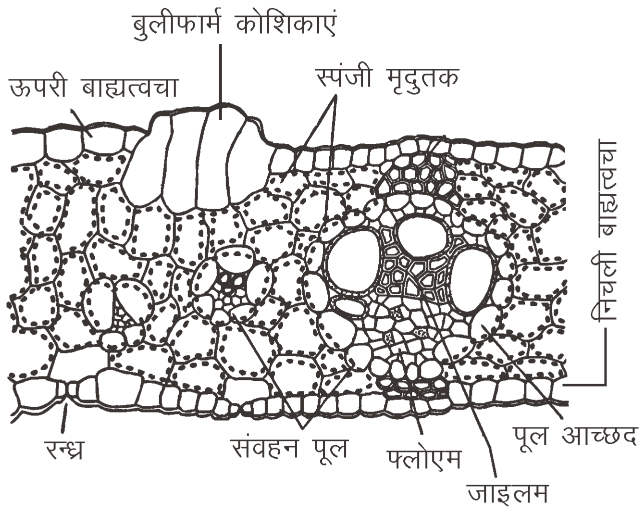
संवहन पूल (Vascular bundle) – पत्ती की काट में मध्यशिरा का संवहन पूल बड़ा तथा शाख–शिराओं के संवहन पूल बहुत छोटे दिखाई देते हैं। संवहन पूल संयुक्त बहिपोषवाही एवं अवर्धी प्रकार के होते हैं। जाइलम ऊपरी अधिचर्म (अभ्यक्ष, adaxial) की ओर तथा फ्लोएम निचली अधिचर्म (अपाक्ष, abaxial) की ओर होता है। जाइलम में प्रोटोजाइलम ऊपरी अधिचर्म की तरफ तथा मेटाजाइलम फ्लोएम की ओर होता है।

पत्तियों में अन्तश्त्वचा, परिरम्भ एवं मज्जा अनुपस्थित होते हैं। संवहन पूल एक मृदुतकी आच्छद (Parenchymatous sheath) द्वारा परिबद्ध रहता है।

एकबीजपत्री पर्ण की आन्तरिक संरचना

एकबीजपत्री पर्ण की आन्तरिक संरचना के अध्ययन हेतु हम घास की पत्ती का उदाहरण लेते हैं। ये पत्तियां समद्विपार्श्व होती है इनमें निम्नलिखित क्षेत्र देखने को मिलते हैं (चित्र 6.6)।

अधिचर्म (Epidermis) – ऊपरी व निचली अधिमर्च दोनों सतह की संरचना लगभग समान होती है। ये एक स्तरीय, क्यूटिकल युक्त व दोनों सतह पर समान रूप से रन्ध्र (उभयरन्ध्रीय /amphistomatic) पाये जाते हैं। कुछ रेगिस्तानी घासों की ऊपरी अधिचर्म में बड़े आकार की तरल से भरी कोशिकाएं पाई जाती है जिन्हें आवर्धत्वक कोशिकाएं (Bulliform cells) या चालन कोशिकाएं (Motor cells) कहते हैं। इन कोशिकाओं के कारण पत्ती दिन के समय वलित हो जाती है इससे वाष्पोत्सर्जन कम हो जाता है।



चित्र 6.6 : एकबीजपत्री पत्ती की आन्तरिक संरचना

पर्णमध्योतक (Mesophyll) – इन पत्तियों में पर्णमध्योत्तक विभेदित नहीं होता यह सम्पूर्ण रूप से स्पंजी मृदुतक का बना होता है, खम्भ ऊतक नहीं पाये जाते।

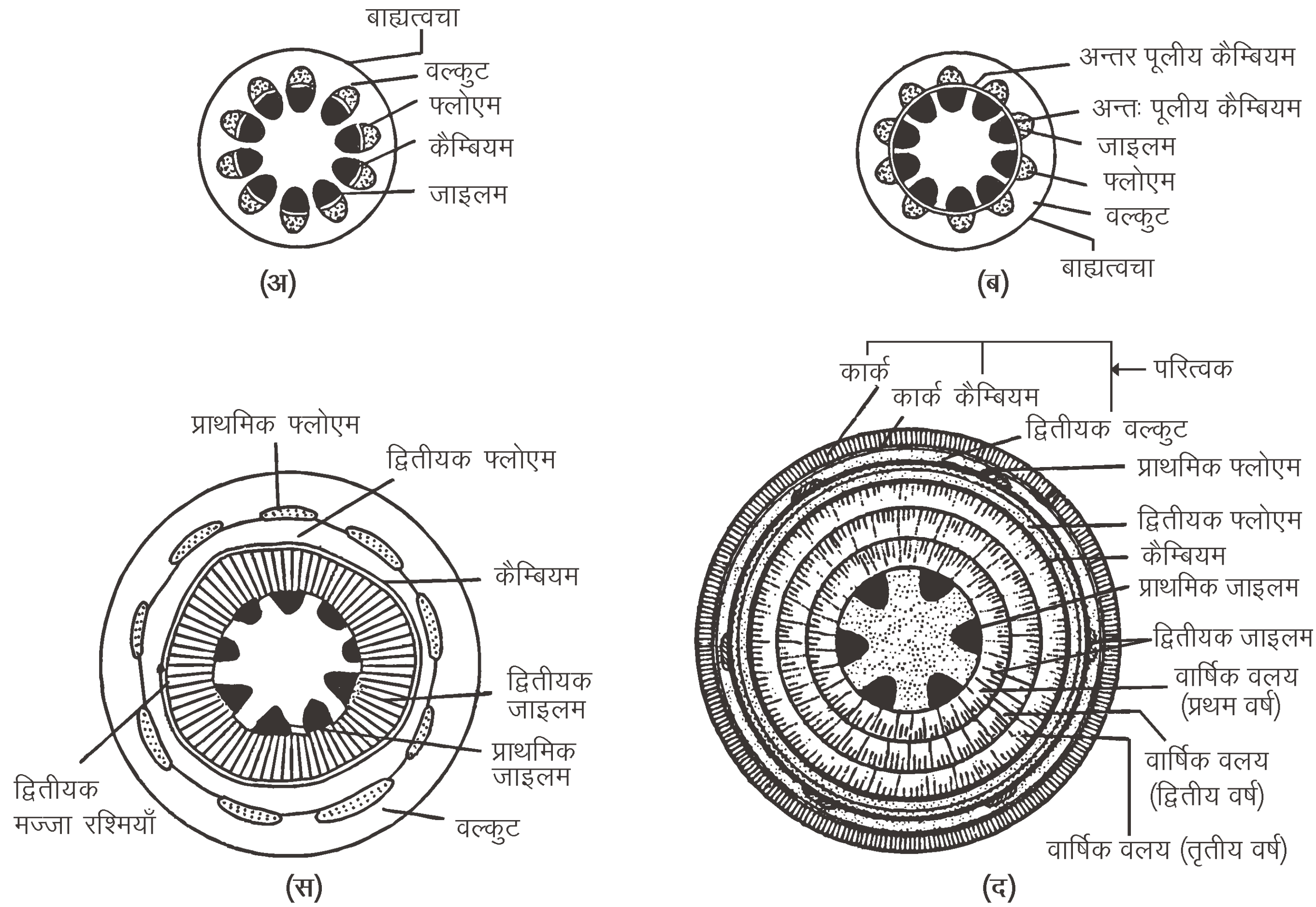
संवहन पूल (Vascular bundles) – समानान्तर शिराविन्यास के कारण अनुप्रस्थ काट में संवहन पूल लगभग समान आकार के होते हैं। ये संयुक्त, सम्पार्श्विक तथा अवर्धी होते हैं। संवहन पूल एक स्तरीय पतली भित्ति वाली मृदुतकी परत से परिबद्ध रहते हैं। इसे पूल आच्छद कहते हैं।

जड़ व तने में द्वितीयक वृद्धि

पादपों में स्थित शीर्ष विभज्योतकों द्वारा अंगों की स्थाई संरचना का निर्माण होता है। यह संरचना प्रथम वर्ष के कुछ प्रारंभिक सप्ताहों में बन जाती है। इसे प्राथमिक संरचना (Primary structure) कहते हैं। द्विबीजपत्रियों में प्राथमिक वृद्धि के अतिरिक्त इनकी मोटाई भी बढ़ती है यह वृद्धि पार्श्वीय विभज्योतकों की सक्रियता से होती है। कैम्बियम तथा कार्क कैम्बियम की सक्रियता से बने द्वितीयक ऊतकों के कारण रम्भीय एवं बाह्यरम्भीय क्षेत्र में होने वाली वृद्धि को द्वितीयक वृद्धि कहते हैं। यह वृद्धि एकबीजपत्री पौधों में नहीं दिखाई देती कुछ अपवाद है जैसे खजूर (Palm), ड्रेसिना (*Dracaena*), नारियल (Coconut) आदि।

द्विबीजपत्री तने में द्वितीयक वृद्धि

कुछ एकवर्षी अल्पजीवी पादपों को छोड़कर द्वितीयक वृद्धि सभी द्विबीजपत्री पादपों में होती है। इसमें रम्भीय तथा बाह्यरम्भीय दोनों ही क्षेत्रों में द्वितीयक वृद्धि होती है (चित्र 6.7 अ–द)।



चित्र 6.7 : द्विबीजपत्री तने में द्वितीयक वृद्धि (आरेखित चित्र)
(अ) प्रारम्भिक अवस्था (ब) कैम्बियम वलय का निर्माण (स) द्वितीय संवहन ऊतकों का निर्माण
(द) विकसित अवस्था (वार्षिक वलयों व कार्क का निर्माण)

रम्भीय क्षेत्र में द्वितीयक वृद्धि (Secondary growth in stelar region)

द्विबीजपत्री स्तम्भों में संवहन पूल संयुक्त, बहिफ्लोएमी तथा वर्धी होते हैं तथा एक वलय में व्यवस्थित रहते हैं। संवहन पूलों में जाइलम तथा फ्लोएम के मध्य एधा (Cambium) स्थित रहती है जिसे अन्तःपूलीय एधा (Intrafascicular or intravascular cambium) कहते हैं (चित्र 6.7 अ)। संवहन पूलों के बीच में स्थित मृदुतकी मज्जा किरणों (Medullary rays) की कुछ कोशिकाएं जो संवहन पूलों के अन्दर स्थित कैम्बियम की सीध में होती है विभज्योतकी (Meristematic) हो जाती है और अन्तर पूलीय एधा (Interfascicular cambium) का निर्माण करती है। नई बनी अन्तरपूलीय एवं संवहन पूलों में स्थित अन्तःपूलीय कैम्बियम आपस में अपनी साइडों से जुड़कर कैम्बियम की एक पूर्ण वलय (Ring) बनाती है इसे संवहनी एधा वलय (Vascular cambium ring) कहते हैं (चित्र 6.7 ब)। पार्श्व स्थिति के कारण इसे पार्श्व विभज्योतक (Lateral meristem) भी कहते हैं। इसमें दो प्रकार की कोशिकाएं होती हैं – तर्कुरूप प्रारंभिक (Fusiform initials) एवं रश्मि प्रारंभिका (Ray initials)। तर्कुरूप प्रारंभिक कोशिकाएं नुकीले सिरे वाली व लम्बी तथा संख्या में अधिक होती है। जबकि रश्मि प्रारंभिका छोटी, समव्यासीय तथा संख्या में कम होती है। ये कोशिकाएं लगातार विभाजन करती है। तर्कुरूपी प्रारंभिकाओं में निरंतर परिनतिक विभाजन (Periclinal division) या स्पर्शरेखीय विभाजन (Tangential division) होते हैं। इन विभाजनों का तल कोशिका के लम्ब अक्ष के समानान्तर होता है। इस प्रकार की क्रियाशीलता से जो कोशिकाएं बाहर की ओर तने की परिधि की ओर बनती है वे द्वितीयक फ्लोएम में विभेदित हो जाती है एवं जो कोशिकाएं अन्दर की ओर तने के केन्द्र मज्जा की ओर बनाती है वे द्वितीयक जाइलम या काष्ठ (Wood) में विभेदित हो जाती है। अन्दर की ओर बनने वाला ऊतक द्वितीयक जाइलम द्वितीयक फ्लोएम की तुलना में अधिक मात्रा में बनता है

(चित्र 6.7 स)। दोनों ओर लगातार विभाजन होने से बाहर की ओर द्वितीयक फ्लोएम के दबाव से प्राथमिक फ्लोएम बाहर की ओर खिसक कर नष्ट हो जाता है। लगातार द्वितीयक वृद्धि के पश्चात् बाहर की ओर स्थित वल्कुट, अधस्त्वचा व अधिचर्म भी दिखाई नहीं देती। इसी प्रकार अन्दर की ओर द्वितीयक जाइलम के लगातार दबाव से प्राथमिक जाइलम, मज्जा पुराना द्वितीयक जाइलम तने के केन्द्र में दबते चले जाते हैं और पूर्णतया दबते हुए नष्ट हो जाते हैं। इससे तने का केन्द्रीय भाग काष्ठीय हो जाता है। यह क्रियाएं पौधे में निरन्तर जीवनपर्यन्त होती रहती है। कोशिकाओं के नष्ट होने से तने में अपशिष्ट पदार्थ जैसे लिग्निन, सुबेरिन, रेजिन, टेनिन आदि पुराने द्वितीयक जाइलम की वाहिनिकाओं एवं वाहिकाओं की गुहाओं में भर जाते हैं जिससे तने का केन्द्रीय भाग गहरा रंग लेता जाता है इसे अन्तःकाष्ठ (Heart wood) या ड्यूरामन (Duramen) कहते हैं। परिधीय काष्ठ जो हल्के रंग की दिखाई देती है रस काष्ठ (Sap wood) या एल्बरनम (Alburnum) कहलाती है। अन्तःकाष्ठ जल का संवहन नहीं कर पाती क्योंकि इनकी गुहाओं में अपशिष्ट पदार्थ भर जाते हैं। बाहरी दबाव से वाहिकाओं की दीवारों पर स्थित गर्तो (Pits) में से मृदुतक की कोशिकाएं अन्दर वाहिकाओं की गुहा में अतिवृद्धियां बनकर आ जाती है जिससे गुहाओं में जल संवहन में बाधा उत्पन्न हो जाती है। इन अतिवृद्धियों को टाइलोसिस (Tyloses) कहते हैं। बाद की अवस्थाओं में जल संवहन का कार्य बाहरी रस काष्ठ के द्वारा ही होता है।

तर्कुरूप प्रारंभिका के साथ–साथ रश्मि प्रारंभिका की क्रियाशीलता भी चलती रहती है और ये तने में द्वितीयक मज्जा रश्मि (Secondary medullary rays) बनाते हुए अरीय तंत्र (Radial system) का निर्माण करती है। द्वितीयक मज्जा रश्मियां कैम्बियम के बाहर फ्लोएम की ओर एवं अन्दर जाइलम की ओर दोनों तरफ बनती है। इनका कार्य अरीय संवहन करना है। ये कोशिकाएं मृदुतकी होती है।

बाह्य रम्भीय क्षेत्र में द्वितीयक वृद्धि (Secondary growth in extra stelar region)

रम्भीय क्षेत्र के बाहर अर्थात् वल्कुट में होने वाली द्वितीयक वृद्धि को बाह्य रम्भीय द्वितीयक वृद्धि कहते हैं। रम्भीय द्वितीयक वृद्धि की क्रियाशीलता के कारण बाहर की ओर लगातार दबाव बढ़ने से बाहरी ऊतक नष्ट होने लगता है। इसके साथ ही वल्कुट की बाहरी परत की कुछ जीवित कोशिकाएं विभज्योतक हो जाती है और एक वलय का निर्माण करती है जिसे कॉर्क कैम्बियम (Cork cambium) या कागजन (Phellogen) कहते हैं। यह द्वितीयक पार्श्व विभज्योतक (Secondary lateral meristem) है। इसकी कोशिकाएं भी संवहन एधा वलय की कोशिकाओं की भांति सतत् परिनत विभाजन द्वारा अपने बाहर अर्थात् स्तम्भ की परिधि की ओर तथा अन्दर स्तम्भ के केन्द्र की ओर नई कोशिकाओं का निर्माण करती है। जो कोशिकाएं बाहर की तरफ बनती है, उनकी मध्य पटलिका (Middle lamella) में सुबेरिन का जमाव हो जाता है इससे ये कोशिकाएं मृत हो जाती है। ये कोशिकाएं कार्क (Cork) या फैलम (Phellum) कहलाती है। अन्दर की ओर कम कोशिकाएं बनती है। ये कोशिकाएं मृदुतक में विभेदित हो जाती है तथा द्वितीयक वल्कुट (Secondary cortex) या कागअस्तर (Phelloderm) कहलाती है। कागजन, कार्क एवं कागअस्तर (Phellogen, Phellum and Phelloderm) तीनों को सम्मिलित रूप से परित्वक (Periderm) कहते हैं (चित्र 6.7 द)।

छाल (Bark)

कार्क एधा (Vascular cambium) के बाहर स्थित सभी मृत एवं जीवित ऊतकों को छाल कहते हैं। छाल की सबसे बाहरी मृत परत को राइटिडोम (Rhytidome) कहते हैं। कार्क एधा के अन्दर स्थित भाग को काष्ठ (Wood) कहा जाता है जिसमें द्वितीयक जाइलम होता है।

वार्षिक वलय (Annual rings)

बहुवर्षीय वृक्षों के द्वितीयक जाइलम में कई संकेन्द्री परतें (Concentric layers) पाई जाती है जो कि अनुप्रस्थ काट में वलयों (Rings) के समान दिखाई देती है। इन वलयों को वार्षिक वलय या वृद्धि वलय कहते हैं। संवहनी एधा की क्रियाशीलता पूरे वर्ष में एक समान न रहकर परिवर्तित होती रहती है। पतझड़ तथा शीत मौसम में एधा की क्रियाशीलता घट जाती है। संवहन एधा कम मात्रा में द्वितीयक जाइलम बनाती है। पत्तियां झड़ने से संवहन ऊतक भी कमजोर छोटी कोशिकाओं वाला, मोटी भित्ति तथा संकरी गुहा युक्त बनता है इसे पतझड़ काष्ठ (Autmn wood) या पछेती काष्ठ (Late wood) कहते हैं।

बसन्त के मौसम में संवहनी एधा की क्रियाशीलता बढ़ने से द्वितीयक जाइलम अधिक मात्रा में तथा सुविकसित बनता है इसे बसन्त काष्ठ (Spring wood) या अगेती काष्ठ (Early wood) कहते हैं।

पतझड़ एवं बसन्त काष्ठ तने में वलयों के रूप में बनती है। अतः एक वर्ष में दो वृद्धि वलय बनती है बसन्त काष्ठ की एक वलय (कम गहरी तथा चौड़ी) तथा पतझड़ काष्ठ की एक वलय (गहरी तथा संकड़ी) को सम्मिलित रूप से एक वार्षिक वलय कहते हैं। वार्षिक वलयों को गिनकर पौधे की आयु ज्ञात की जा सकती है। आयु निर्धारण की इस विधि को वृक्षकालानुक्रम (Dendrochronology) कहते हैं। वार्षिक वलय परिवर्तनशील जलवायु वाले वातावरण में उगने वाले वृक्षों में अधिक स्पष्ट बनती है।

द्विबीजपत्री मूल में द्वितीयक वृद्धि

द्विबीजपत्री पौधों के तनों के साथ–साथ मूलों में भी द्वितीयक वृद्धि पाई जाती है। इसमें रम्भीय तथा बाह्य रम्भीय दोनों ही क्षेत्रों में द्वितीयक वृद्धि होती है (चित्र 6.8 अ–द)।

रम्भीय क्षेत्र में द्वितीयक वृद्धि

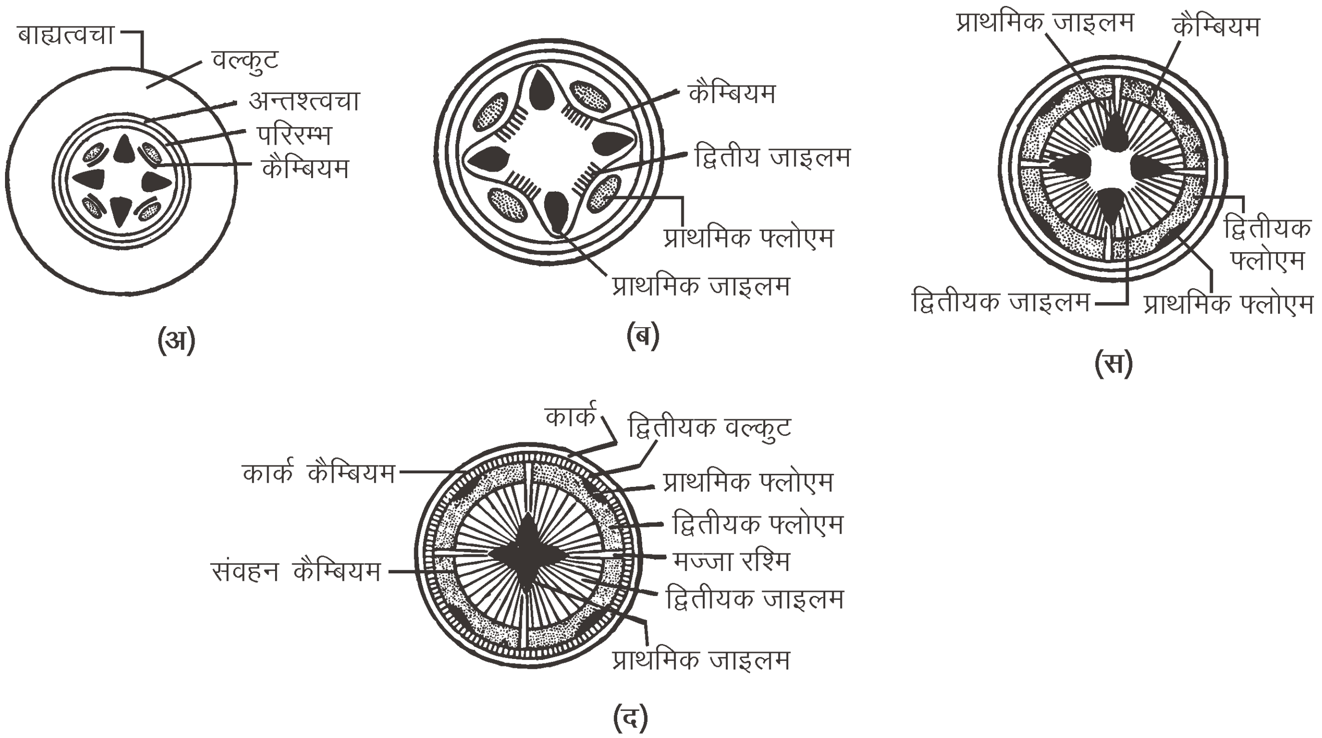
द्विबीजपत्री मूल में संवहन कैम्बियम (Vascular cambium) पूर्णतः द्वितीयक विभज्योतक होती है। द्वितीयक वृद्धि प्रारंभ होने पर प्रत्येक फ्लोएम पूल के ठीक नीचे स्थित संयोजी ऊतक की मृदुतकी कोशिकाएं विभज्योतक होकर एधा पट्टी (Cambium strip) बनाती है (चित्र 6.8 अ)। इसी तरह की एधा पट्टी हर एक जाइलम व फ्लोएम पूलो के बीच स्थित मृदुतकी कोशिकाओं से बनती है। इसी समय हर एक जाइलम पूल के आदिदारू के सम्मुख स्थित परिरम्भ की कोशिकाएं भी विभज्योतकी होकर एधा पट्टियां बनाती है। अब ये तीनों प्रकार की एधा पट्टियां एक दूसरे से मिलकर एधा की एक लहरदार (Wavy) पूर्ण वलय बना देती है (चित्र 6.8 ब) और क्रियाशील होकर अन्दर की तरफ द्वितीयक जाइलम व बाहर की ओर द्वितीयक फ्लोएम बनाती है। शीघ्र ही यह लहरदार वलय गोलाकार हो जाती है। कैम्बियम की क्रियाशीलता लगातार होती रहती है जैसी द्विबीजपत्री तने में होती है (चित्र 6.8 स)। द्वितीयक मज्जा रश्मियां भी रश्मि प्रारंभिका से बनती रहती है। मूल की काष्ठ में वार्षिक वलय अनुपस्थित होती है। प्राथमिक जाइलम व प्राथमिक फ्लोएम पूर्णतया दब कर नष्ट हो जाता है।

कार्क कैम्बियम द्वारा द्वितीयक वृद्धि

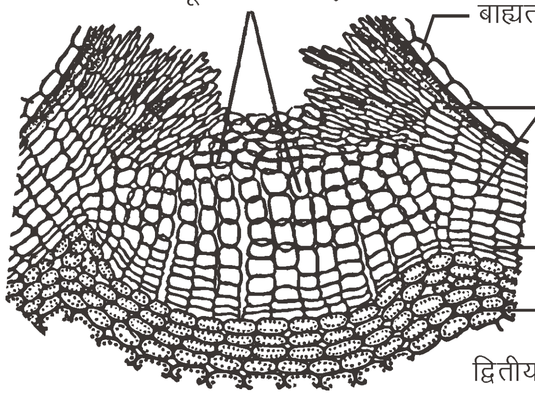
जड़ों में कार्क कैम्बियम (Cork cambium) का निर्माण परिरंभ (Pericycle) से होता है। काग एधा बाहर की ओर कार्क (Cork) तथा अन्दर की ओर द्वितीयक वल्कुट का निर्माण करती है। जड़ों में भी वातरन्ध्र पाये जाते हैं परन्तु इनकी संख्या बहुत कम होती है। द्वितीयक वृद्धि के पश्चात् द्वितीयक ऊतकों के बन जाने के कारण दाब के फलस्वरूप अधिचर्म, प्राथमिक वल्कुट तथा अंतश्चर्म पूर्णतया नष्ट हो जाते हैं (चित्र 6.8 द)।

वातरंध्र (Lenticels)

कार्क (Cork) में अधिकांश कोशिकाएं मृत होती है कुछ स्थानों पर कार्क की कोशिकाएं जीवित होती है उनमें सुबेरिन का जमाव नहीं होता। इन्हें वातरन्ध्र कहते हैं। इनमें बिखरी हुई जीवित कोशिकाएं होती है जिन्हें पूरक कोशिकाएं (Complementary cells) कहते हैं। वातरन्ध्र सामान्यतः रन्ध्रों (stomata) के नीचे बनते हैं। वातरन्ध्रों द्वारा गैसों का आदान–प्रदान होता है इनके द्वारा वाष्पोत्सर्जन भी होता है (चित्र 6.9)।



चित्र 6.8 : एकबीजपत्री मूल में द्वितीयक वृद्धि (आरेखित चित्र)
(अ) प्रारम्भिक अवस्था (कैम्बियम निर्माण की शुरूआत) (ब) कैम्बियम का निर्माण (लहरदार कैम्बियम एवं द्वितीयक जाइलम के निर्माण की शुरूआत) (स) द्वितीयक संवहन ऊतकों का विकास (द) विकसित अवस्था (कार्क का निर्माण)



चित्र 6.9 : वातरन्ध्र (अनुप्रस्थ काट में संरचना)

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. मूल की आन्तरिक संरचना में निम्नलिखित भाग होते हैं–
   (अ) मूलीयत्वचा (ब) वल्कुट (स) अन्तस्त्वचा
   (द) परिरंभ (य) संवहन ऊतक (र) मज्जा
2. द्विबीजपत्री पादपों की जड़ों में जाइलम तथा फ्लोएम पूलों की संख्या 2 से 6 तक हो सकती है।
3. मूल में अरीय संवहन पूल व स्तम्भ में संयुक्त संवहन पूल पाये जाते हैं।
4. एकबीजपत्री स्तम्भ की आन्तरिक संरचना का अध्ययन करने पर निम्न भाग दिखाई देते हैं–
   (अ) अधिचर्म (ब) भरण ऊतक (स) संवहन पूल
5. तने में बाह्यत्वचा पर पाये जाने वाले मूल रोम बहुकोशिक होते हैं।
6. द्विबीजपत्री तने की आन्तरिक संरचना में निम्न संरचनाएं दिखाई देती है–
   (अ) अधिचर्म (ब) वल्कुट (स) अन्तस्त्वचा (द) परिरंभ
   (य) संवहन पूल (र) मज्जा
7. ऊतक व्यवस्था के आधार पर पर्ण दो प्रकार की होती है–
   (अ) पृष्ठाधारी पर्ण (ब) समद्विपार्श्व पर्ण
8. सूक्ष्मदर्शी से देखने पर पृष्ठाधारी पर्ण एवं समद्विपार्श्व के ऊतक संरचना में निम्न संरचनाएं दिखाई देती है–
   (अ) ऊपरी अधिचर्म (ब) पर्ण मध्योत्तक
   (स) संवहन ऊतक (द) निचली अधिचर्म
   (य) रन्ध्र
9. द्वितीयक वृद्धि केवल द्विबीजपत्री पादपों के स्तम्भ व मूल में होती है।
10. एकबीजपत्री पादपों में द्वितीयक वृद्धि नहीं पायी जाती है।
11. द्वितीयक वृद्धि के विभज्योतक पादप शरीर में पार्श्व स्थिति में स्थित होते हैं।
12. संवहन पूलों के मध्य बनने वाली एधा को अन्तरपूलीय एधा कहते हैं।
13. कॉर्क का निर्माण कॉर्क एधा से होता है।
14. कॉर्क, कॉर्क एधा तथा द्वितीयक वल्कुट को सम्मिलित रूप से परित्वक कहते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुचयनात्मक प्रश्न

1. जड़ों में मूल रोम ..... होते हैं–
   (अ) एककोशिकीय
   (ब) बहुकोशिकीय
   (स) एककोशिकीय व बहुकोशिकीय
   (द) अनुपस्थित
2. द्विबीजपत्री मूलों में जाइलम व फ्लोएम की संख्या होती है–
   (अ) 1 से 4 (ब) 4 से 8
   (स) 2 से 6 (द) 2 से 10
3. एधा (Cambium) की कोशिकाएं होती हैं–
   (अ) गोल (ब) आयताकार
   (स) वर्गाकार (द) त्रिभुजाकार
4. पृष्ठाधारी पर्ण कहते हैं–
   (अ) जिसकी ऊपरी तथा निचली सतह की संरचना में अंतर है।
   (ब) जिसकी ऊपरी तथा निचली सतह की संरचना में अंतर नहीं है।
   (स) सामान्यत: एकबीजपत्री पौधों में मिलती है।
   (द) उपरोक्त में से कोई नहीं।
5. द्वितीयक वृद्धि से गैसों के आदान–प्रदान के लिये बनते हैं–
   (अ) वातरंध्र (ब) वायुत्तक
   (स) जलरंध्र (द) उपरोक्त सभी
6. द्वितीयक वृद्धि पाई जाती है–
   (अ) केवल द्विबीजपत्री पादपों में
   (ब) केवल एकबीजपत्री पादपों में
   (स) मोनेरा समूह के पादपों में
   (द) शैवालों में

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न

1. एकबीजपत्री जड़ में कितने संवहन पूल पाये जाते हैं?
2. पार्श्व मूल का निर्माण किस भाग से होता है?
3. मूल रोम का क्या कार्य है?
4. पथ कोशिकाएं कहां मिलती है?
5. केस्पेरियन स्ट्रीप किस पदार्थ की बनी होती है?
6. बिखरे हुए संवहन पूल कौनसे तने में मिलते हैं?
7. विषमांगी प्रकार का परिरंभ क्या होता है?
8. पृष्ठाधारी पर्णों को सूर्य का प्रकाश पृष्ठ सतह पर अधिक क्यों मिलता है?
9. समद्विपार्श्व पर्णों को सूर्य का प्रकाश समान मात्रा में क्यों मिलता है?
10. एकबीजपत्री पादपों में किसके अभाव के कारण द्वितीयक वृद्धि नहीं पायी जाती है?
11. किस ऊतक को काष्ठ कहा जाता है?
12. द्विबीजपत्री पौधों में कॉर्क का निर्माण किस विभज्योत्तक द्वारा होता है?

लघुत्तरात्मक प्रश्न

1. अरीय संवहन पूल क्या होते हैं?
2. एकबीजपत्री मूल व द्विबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना में अन्तर बताइये।
3. एकबीजपत्री स्तम्भ की आन्तरिक संरचना के लक्षण बताइये।
4. द्विबीजपत्री स्तम्भ की आन्तरिक संरचना के लक्षण बताइये।
5. द्विबीजपत्री स्तम्भ व एकबीजपत्री स्तम्भ के संवहन पूल में अन्तर बताइये।
6. पृष्ठाधारी एवं समद्विपार्श्व पर्ण की ऊतक संरचना में अन्तर बताइये।
7. द्वितीयक वृद्धि किसे कहते हैं?
8. वातरंध्र पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।

निबन्धात्मक प्रश्न

1. एक प्रारूपिक एकबीजपत्री मूल की आन्तरिक संरचना का सचित्र वर्णन कीजिये यह द्विबीजपत्री मूल से किस प्रकार भिन्न होती है?
2. उपयुक्त उदाहरण की सहायता से एकबीजपत्री स्तम्भ की आन्तरिक संरचना का सचित्र वर्णन कीजिये व द्विबीजपत्री स्तम्भ की आन्तरिक संरचना से तुलना कीजिये।
3. एकबीजपत्री एवं द्विबीजपत्री स्तम्भ की आन्तरिक संरचना में अन्तर स्पष्ट कीजिये।
4. समद्विपार्श्व पर्ण की आन्तरिक संरचना सचित्र समझाइये।
5. पृष्ठाधारी पर्ण की आन्तरिक संरचना सचित्र समझाइये।
6. द्विबीजपत्री मूल में द्वितीयक वृद्धि को सचित्र समझाइये।
7. द्विबीजपत्री स्तम्भ में द्वितीयक वृद्धि को समझाइये।

उत्तरमाला: 1 (अ) 2 (स) 3 (ब) 4 (अ) 5 (अ) 6 (अ)