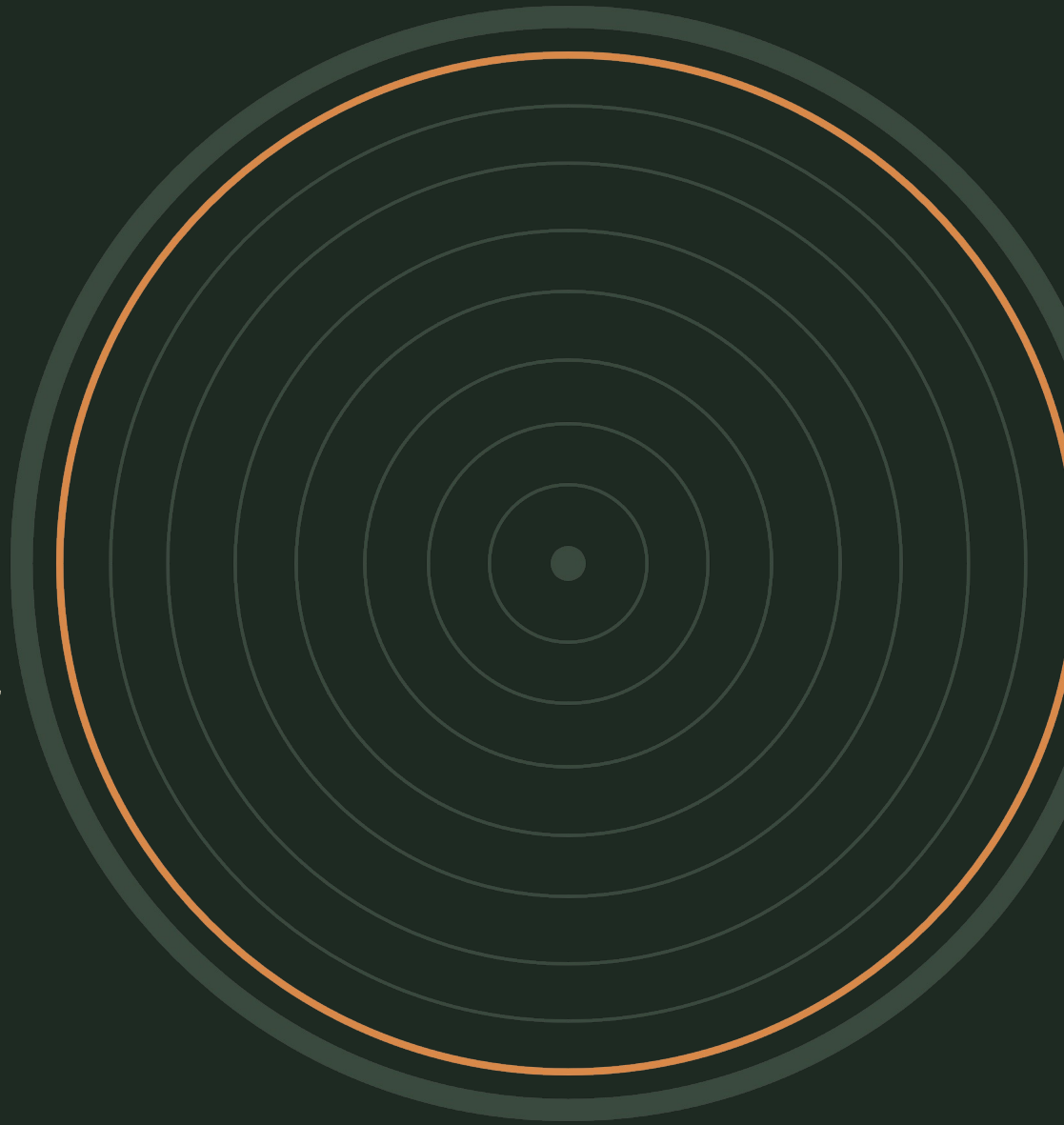
PREDAVANJE · ARBORISTIKA

Kambijeva cona v drevesih

Zgradba, delovanje, radialne in lateralne delitve ter odziv na ranitev

Prof. dr. Tom Levanič
Gozdarski inštitut Slovenije
Univerza na Primorskem, FAMNIT



PREGLED

Vsebina predstavitve

01 Kaj je kambij in kje v deblu leži

02 Zgradba kambijeve cone in vrste inicialk

03 Delovanje: letni cikel, hormoni, diferenciacija, branika

04 Radialne (periklinalne) in lateralne (antiklinalne) delitve

05 Odziv na ranitev: CODIT, kalus in sledi v lesu

ZGRADBA

Kaj je žilni kambij?

Žilni (vaskularni) kambij je **lateralni meristem** – tanek plašč delečih se celic, ki obdaja les in omogoča **sekundarno rast v debelino**.

Meristem

Tkivo, ki se ves čas življenja drevesa ponavljajoče deli in obnavlja samo sebe.

Dva produkta

Navznoter tvori sekundarni ksilem (les), navzven sekundarni floem (ličje).

Izvor

Nastane iz fascikularnega kambija v žilnih snopih in interfascikularnega kambija med njimi.

ZGRADBA

Kje v deblu leži kambij?

Lubje – zunanja zaščitna plast (periderm, odmrla tkiva)

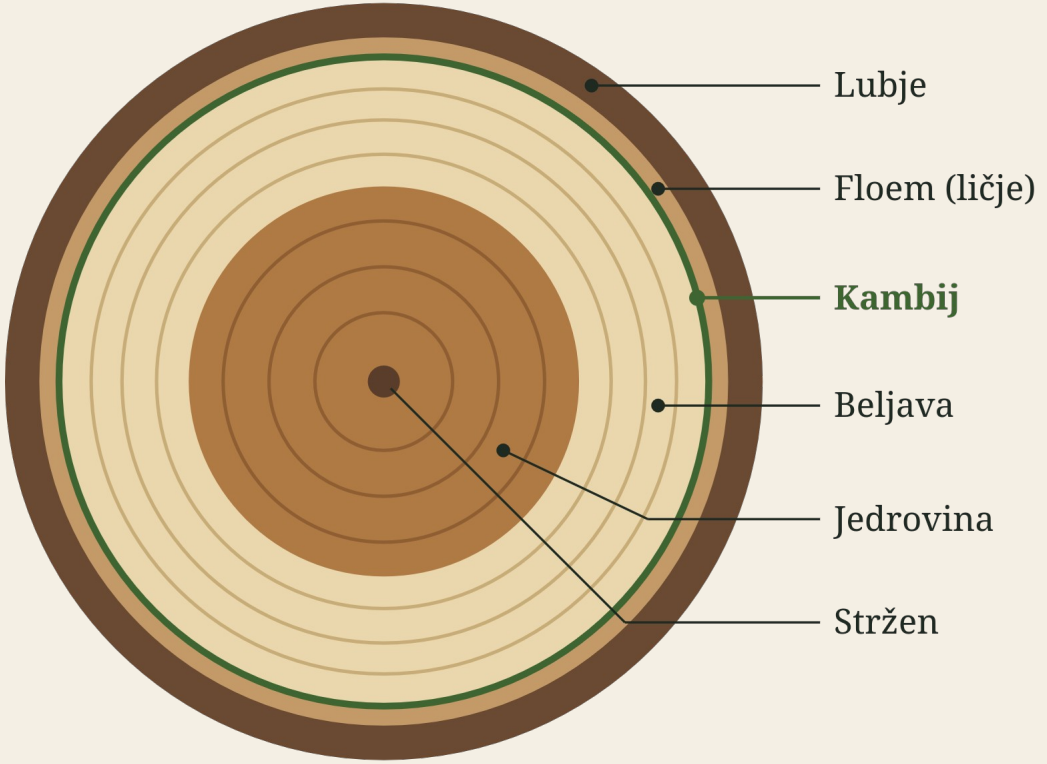
Floem (ličje) – prevaja asimilate od listov navzdol

Kambij – tanka plast, ki tvori floem in ksilem

Beljava – prevaja vodo, vsebuje živ parenhim

Jedrovina – osrednji les brez živih celic

Stržen – ostanek primarne rasti



Kambijeva cona v drevesih · 4 · shema ni v merilu

ZGRADBA

Kambijeva cona, ne en sam sloj

V radialnem nizu celic je le **ena prava kambijeva inicialka**, a je pod mikroskopom ne moremo zanesljivo ločiti od sosednjih celic.

Zato govorimo o **kambijevi coni**: o pasu tankostenskih, delečih se celic med diferencirajočim se ksilemom in floemom. V mirovanju ima le nekaj plasti celic, v rastni sezoni bistveno več.

Matične celice floema

Se še delijo, nato se diferencirajo v floem.

Kambijeve inicialke

Trajno ohranjajo sposobnost delitve.

Matične celice ksilema

Se še delijo, nato se diferencirajo v les.

ZGRADBA

Dve vrsti kambijevih inicialk

Fuziformne (vretenaste) inicialke

Dolge, na koncih zašiljene celice, usmerjene vzporedno z osjo debla. Večina kambija.

TVORIJO AKSIALNI SISTEM

Ksilem: traheide, traheje, vlakna, aksialni parenhim
Floem: sitaste cevi ali celice, celice spremljevalke, parenhim, vlakna

Trakovne inicialke

Majhne, približno izodiametrične celice, zbrane v skupinah med fuziformnimi inicialkami.

TVORIJO RADIALNI SISTEM

Lesne in floemske trakove: radialni transport snovi in skladiščenje škroba

DELOVANJE

Letni cikel kambijeve aktivnosti

ZIMA

Mirovanje

Malo plasti celic, debelejše stene, ni delitev.

POMLAD

Reaktivacija

Ob dvigu temperature celice nabreknejo, začnejo se delitve.

POZNA POMLAD–POLETJE

Aktivnost

Široka cona, hitra tvorba ranega in nato kasnega lesa.

POZNO POLETJE–JESEN

Zaključek

Delitve prenehajo, zadnje celice ksilema dozorijo.

Časovnica velja okvirno za zmerni pas. V sredozemskem podnebju je lahko aktivnost kambija **dvovršna** – s premorom med poletno sušo in ponovno rastjo jeseni.

DELOVANJE

Hormonsko uravnavanje

Auksin (IAA)	Glavni signal za delitve in diferenciacijo; tvori gradient čez cono
Citokinini	Spodbujajo delitve celic; v kambij prihajajo predvsem iz korenin
Giberelini	Skupaj z auksinom vplivajo na delitve in podaljševanje vlaken
Etilen	Vpleten v nastanek reakcijskega lesa in v odziv na ranitev
Abscizinska kislina (ABA)	Povezana z vstopom v mirovanje in z odzivom na sušo

Auksin iz brstov in mladih listov potuje navzdol po kambiju; zato se spomladi aktivnost pogosto začne pod brsti in se širi po deblu navzdol.

DELOVANJE

Od delitve do zrele celice ksilema

1 **Delitev**

Nastane nova celica v kambijevi coni.

2 **Povečevanje**

Celica raste, določita se njen premer in velikost lumna.

3 **Sekundarna stena**

Odlaganje celuloze in hemiceluloz, nato lignifikacija.

4 **Programirana smrt**

Traheide, traheje in vlakna odmrejo; parenhim ostane živ.

Na strani floema celice ne lignificirajo: sitaste cevi ostanejo žive, a izgubijo jedro – zanje skrbijo celice spremljevalke.

DELOVANJE

Kambij navznoter odloži več celic ksilema, kot jih navzven odda floemu.

Les se iz leta v leto kopiči in tvori večino debla; vsaka sezona doda novo braniko.

Floem ostaja tanek: stari floem se zmečka, preneha prevajati in se sčasoma odlušči z lubjem.

DELOVANJE

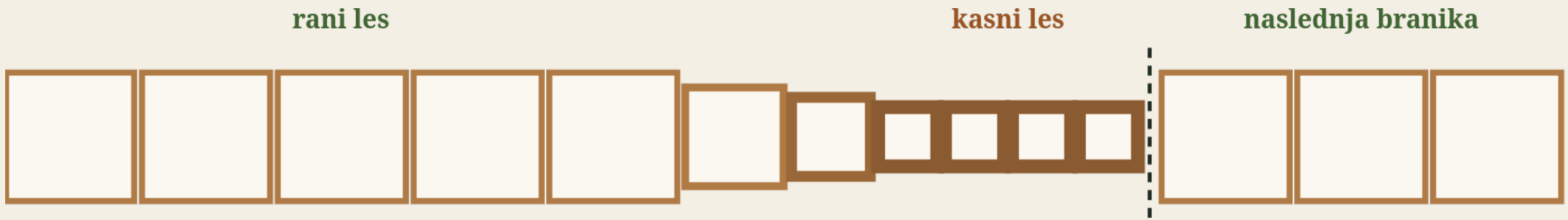
Rani in kasni les tvorita braniko

Rani les

Nastaja spomladi ob intenzivnih delitvah: velike celice s tankimi stenami, učinkovite za prevajanje vode.

Kasni les

Nastaja poleti: manjši premer, debelejše stene, večja gostota in mehanska trdnost.

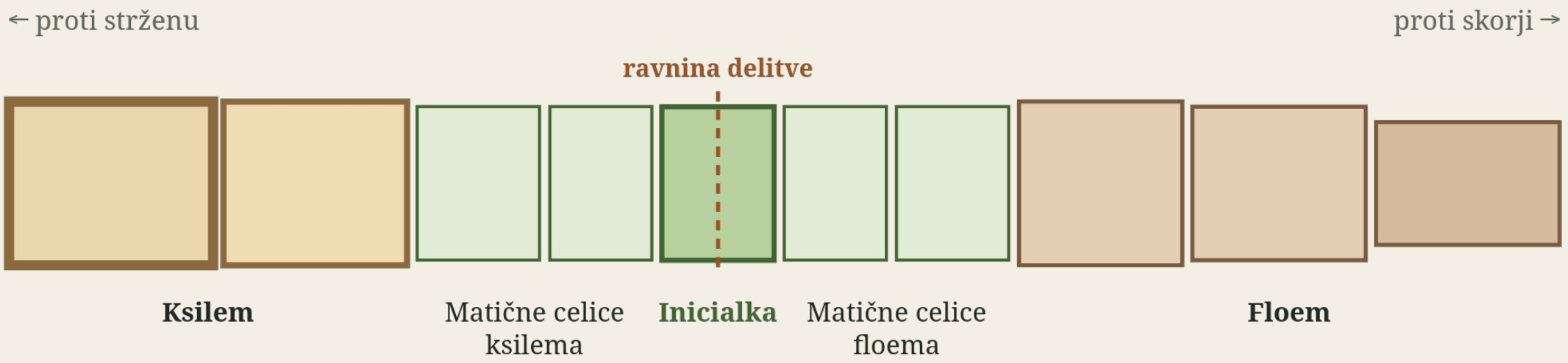


Kambijeva cona v drevesih · 11 · črtkana črta = letnica ali meja branike

DELITVE

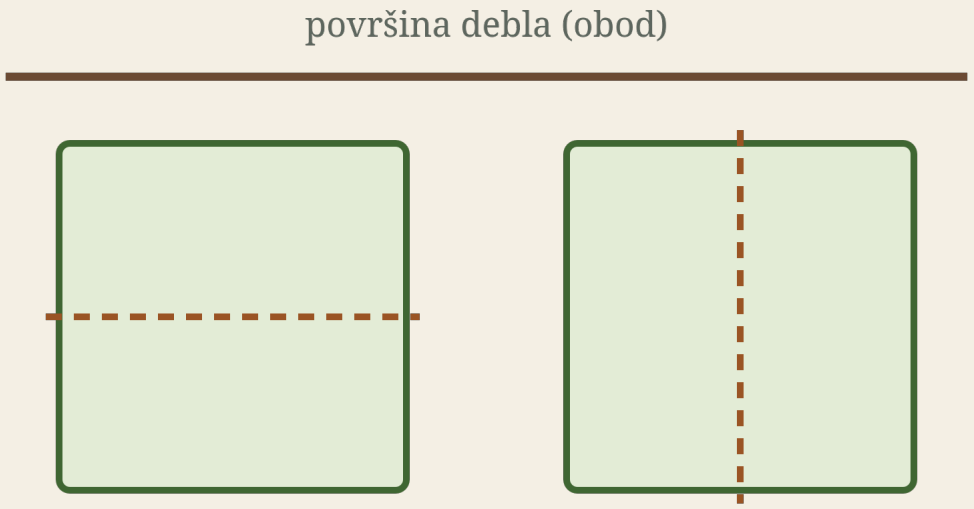
Periklinalne delitve – radialna rast

Nova celična stena nastane **vzporedno s površino debla**. Ena hčerinska celica ostane inicialka, druga postane matična celica ksilema ali floema.



DELITVE

Antiklinalne delitve – rast po obodu



Stena nastane **pravokotno na površino**. Število inicialk se poveča, tako da kambij sledi naraščajočemu obsegu debla.

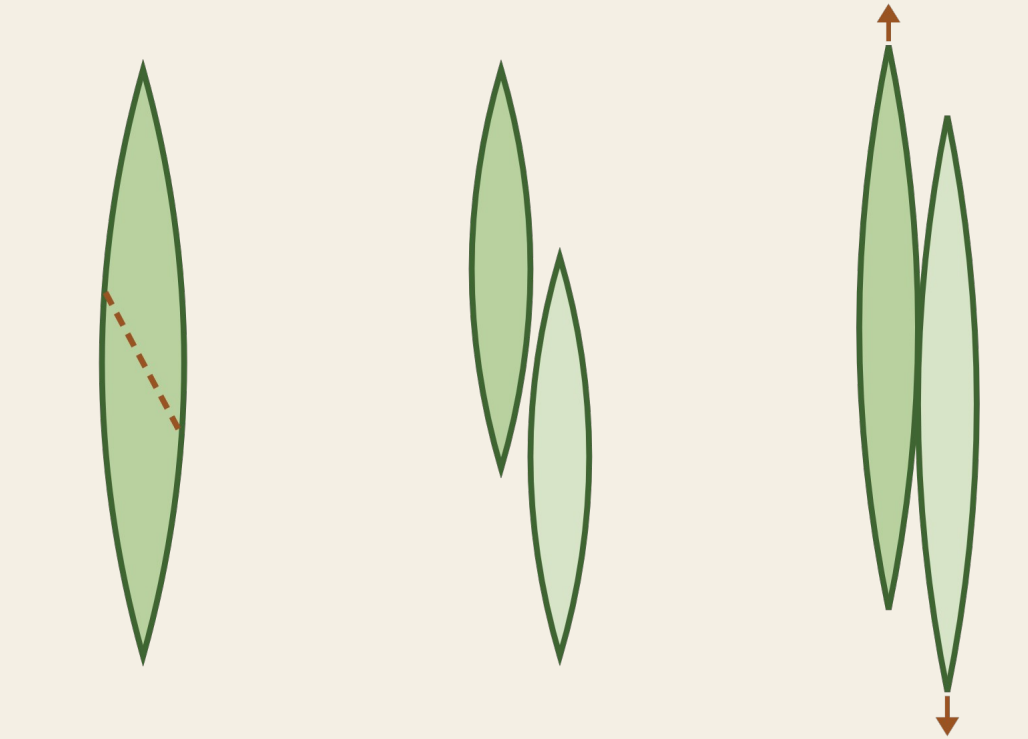
+6,3 cm

obsega, ko se polmer debla poveča za 1 cm (obseg = 2πr)

Radialne antiklinalne delitve: stratificiran kambij
Psevdotransverzalne delitve: nestratificiran kambij
Lateralne delitve: odcepitev dela celice ob strani

DELITVE

Psevdotransverzalna delitev



1. poševna stena
2. dve krajši celici
3. rast konic

Pri **nestratificiranem** kambiju (iglavci, večina listavcev zmernega pasu) se fuziformna inicialka razdeli s **poševno antiklinalno steno**.

Nastaneta dve krajši celici, ki se nato podaljšata z **intruzivno rastjo**: konici se vrivata med sosednje celice.

Tako se na obodu poveča število inicialk, njihova povprečna dolžina pa ostane približno enaka.

DELITVE

Dinamika populacije inicialk

Nastajanje

Nove inicialke nastajajo z antiklinalnimi delitvami.

Izgubljanje

Prekratke ali slabo povezane inicialke izgubijo status inicialke in se diferencirajo.

Pretvorba

Fuziformne inicialke ali njihovi deli se pretvorijo v trakovne – nastajajo novi trakovi.

Z antiklinalnimi delitvami nastane običajno **več inicialk, kot jih kambij potrebuje**; presežek se izgubi. Dolžina fuziformnih inicialk se v mladosti drevesa povečuje – zato ima juvenilni les krajše celice.

RANITEV

Ko je kambij ranjen

Kambij leži tik pod skorjo – zato ga poškoduje že vsaka poškodba, ki odstrani ali zmečka skorjo.

Pogosti vzroki

- mehanske poškodbe pri sečnji in spravilu
- lupljenje in objedanje divjadi
- požar, strela, padajoče kamenje
- obžagovanje vej, žuželke, glive

Takojšnje posledice

- izpostavljen kambij se izsuši in odmre
- v prevodne elemente vdre zrak (embolija)
- prekinjen je transport po floemu
- odprta pot za glive in bakterije

RANITEV

CODIT – omejevanje okužbe v lesu

1 Vertikalna stena

Zamašitev trahej s tilami in gumoznimi snovmi. Najšibkejša.

2 Radialna (navznoter)

Kasni les branik ovira širjenje proti strženu.

3 Tangencialna (bočno)

Celice trakov ovirajo širjenje vzdolž oboda.

4 Barierna cona

Tvori jo **kambij** po ranitvi. Najmočnejša stena.

Stene 1–3 nastanejo z odzivom obstoječega lesa; stena 4 loči les, ki je obstajal ob ranitvi, od novega, zdravega lesa.

RANITEV

Zaraščanje rane

1

Odmrtje

Izpostavljena tkiva na površini rane se izsušijo in odmrejo.

2

Kalus

Na robovih rane kambij in parenhim trakov tvorita nediferencirano kalusno tkivo.

3

Nov kambij

V kalusu se diferencira nov kambij, ki se poveže z nepoškodovanim.

4

Kalusni valj

Ranski les se z robov vsako leto širi čez rano, dokler se ta ne zapre.

RANITEV

Sledi ranitve v lesu

Travmatski smolni kanali

Pri iglavcih (npr. jelka, smreka, macesen) kambij po ranitvi tvori tangencialne nize smolnih kanalov.

Ranski les in kalusni valji

Nepravilno zgrajen les ob robovih rane, pogosto s širšimi branikami.

Diskoloracija in razkroj

Obarvan les, omejen z barierno cono; zmanjša vrednost hlodovine.

Datiranje dogodkov

Branika z rano razkrije leto in celo del sezone poškodbe: požari, plazovi, skalni podori.

POVZETEK

Ključna sporočila

1. Kambij je lateralni meristem, ki tvori sekundarni ksilem navznoter in floem navzven.
2. Kambijevo cono sestavljajo inicialke ter matične celice ksilema in floema.
3. Aktivnost sledi letnemu ciklu, ki ga uravnavajo temperatura in hormoni; rezultat je branika.
4. Periklinalne delitve debelijo deblo, antiklinalne pa povečujejo obod kambija.
5. Po ranitvi kambij tvori barierno cono in kalus – rano omeji in zaraste, a je ne pozdravi.

VIRI

Izbrana literatura

Evert R. F. (2006). *Esau's Plant Anatomy*, 3. izdaja. Hoboken: Wiley.

Larson P. R. (1994). *The Vascular Cambium: Development and Structure*. Berlin: Springer.

Plomion C., Leprovost G., Stokes A. (2001). Wood formation in trees. *Plant Physiology* 127: 1513–1523.

Shigo A. L., Marx H. G. (1977). *Compartmentalization of Decay in Trees*. USDA Agriculture Information Bulletin 405.

Shigo A. L. (1984). Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Annual Review of Phytopathology* 22: 189–214.