



# БОТАНІКА 2023-24



## Лекція № 7

### Тема: Загальний огляд Голонасінних

Насінні рослини представлено двома відділами: Голонасінні й Покритонасінні, які відрізняються від інших відділів наявністю насіння. Утворення насіння обумовило величезну перевагу насінних рослин над споровими. Спори: 1) не захищені від несприятливих умов, 2) не мають запасу поживних речовин, 3) процес запліднення у спорових вимагає наявності води, що не завжди може бути забезпечене на суші. Величезна кількість спор гине. У більшості спорових спори проростають поза материнським організмом. У різноспорових видів гаметофіти розвиваються не залишаючи мікро- і макроспор. Наприклад, у сальвінії або селягинели (плаунка). У селягинели (плаунка) формування жіночого заростку, розвиток на ньому архегонію й навіть утворення молодого спорофіта відбувається усередині мегаспорангій, у деяких видів селягинели це відбувається тоді, коли мегаспорангій перебуває на материнській рослині.

У насінних рослин проростання мегаспори й утворення жіночого заростку, запліднення й розвиток нового спорофіта (зародка) завжди відбувається усередині мегаспорангій, коли він знаходиться на материнській рослині. Мегаспорангій з оточуючим його інтегументом називається сім'язачатком, з якого після запліднення розвивається насіння. У більшості насінних рослин перетворення сім'язачатка на сформоване насіння відбувається на самій материнській рослині. Внутрішнє запліднення, розвиток зародка усередині сім'язачатку, поява насіння - головні біологічні переваги насінних рослин, що дали їм можливість повніше пристосуватися до наземних умов і досягти більш високого рівня розвитку. Насіння містить запас поживних речовин і необхідний ферментативний апарат, щоб зародок міг розвиватися.

Виникненню голонасінних рослин передувало кілька важливих еволюційних подій, які відбулися у девонський період:

- 1) виникнення різноспоровості;
- 2) виникнення камбію й деревних форм (наприклад, археоптерис - велике дерево до 30 м висотою із кроною гілок).

В 1968 р. ученими Дж. Петитом і Ч. Беком у верхньодевонських відкладеннях Північної Америки знайдено



# БОТАНІКА 2023-24



найдавніше насіння. Ця знахідка свідчить про те, що предків насінних рослин слід шукати серед палеозойських видів, вік яких не молодше пізнього девону, тобто серед найдавніших папоротеподібних.

## **Загальна характеристика відділу.**

Голонасінні – це давня група рослин, яка відома з кам'яновугільного періоду палеозойської ери. У сучасній флорі налічується близько 800 видів з 12 родин. Багато видів вимерло. Розквіту досягли у мезозої, у цей час почали й вимирати. На території України відомо близько 87 видів з 6 родин, серед яких багато інтродукованих (ввезених з інших місцевостей).

Голонасінні поширені на всіх континентах, але переважно в місцевостях з прохолодним і помірним кліматом. Вони представлені переважно деревами, кущами, рідше здерев'янілими ліанами, трав'янистих рослин серед них немає.

Голонасінні, на відміну від вищих спорових рослин (археогоніат), характеризуються наявністю насінних зачатків, з яких утворюється насіння з зародком. Насінні зачатки – це видозмінені у процесі еволюції макроспороангії. Назва „голонасінні” говорить про те, що насіння цих рослин розміщене відкрито (голо) на насінних лусках у шишках і нічим не захищене. Завдяки утворенню насіння голонасінні переважають над споровими, що дало змогу їм панувати на суші. Усі голонасінні – різноспорові рослини.

У циклі розвитку голонасінних також відбувається зміна поколінь, або зміна ядерних фаз, переважає спорофіт. **Гаметофіт** у них, порівняно з папоротеподібними, дуже редукований (до окремих клітин). Чоловічий гаметофіт являє собою пророслу мікроспору (пилочку) і зовсім позбавлений антеридіїв. Сперматозоїди у сучасних голонасінних (крім гінкгових і саговникових) не мають джгутиків і перетворені на спермії. Весь цикл розвитку жіночого гаметофіта і процес запліднення відбувається всередині нуцелуса у насінному зачатку. Жіночий гаметофіт утворюється з макроспори і представлений первинним ендоспермом з 2-5 архегоніями. Після запліднення яйцеклітини із зиготи утворюється зародок, який не залишає оболонки макроспори. Зародок складається з корінця, брунечки і зародкових листочків, або сім'ядолей у кількості від 2 до 15. Із зародка насінини через певний період спокою розвивається нове, спорове покоління (спорофіт).



# БОТАНІКА 2023-24



**Спорофіт** - це сама рослина, стебло якої характеризується моноподіальним галузженням, має камбій і здатне до вторинного потовщення. Деревина займає майже всю масу стовбура і утворена лише трахеїдами, з яких весняні (тонкостінні) – виконують провідну функцію, а осінні (товстостінні) - механічну функцію. Судин у більшості видів немає. Серцевина розвинена слабо, кора дуже тонка. Ситоподібні трубки без клітин супутниць. За розмірами і особливостями будови листків серед голонасінних проявляються дві лінії еволюції – мегафільна, що представлена рослинами з великими розсіченими листками, подібними до листків папоротеподібних і мікрофільна, яка представлена рослинами з дрібними суцільними, лускоподібними або голчастими листками. Анатомічна будова листків складніша, ніж у папоротеподібних. В них добре розвинена стовпчаста паренхіма. Голонасінні за невеликим винятком – вічнозелені рослини. Листки (голки) живуть на деревах 2-5 років, опадають щороку тільки частково.

Відділ Голонасінні поділяють на 6 класів. Два з них представлені виключно викопними формами. Це класи Насінні папороті та Бенетитові. Інші чотири класи представлені як викопними формами, так і видами, що зустрічаються у сучасній флорі планети. Це класи: Саговникові, Гінкгові, Гнетові та Хвойні.

Клас Насінні папороті або лігіноптеридопсиди (*Lyginopteridopsida* або *Pteridospermae*).

Це найдавніший клас голонасінних, геологічна історія якого починається з кінця девону до ранньої крейди (розквіт кам'яновугільний, пермський період). Для більш примітивних представників характерні папоротевидні пірчасті листки, далі у процесі еволюції листки стають цілісними. Насінні зачатки з пилковою камерою, часто бувають оточені особливим покривом - купулою, що являє собою видозмінені частини листка. Стробіли були відсутні. Повністю вимерла група. Зараз описано декілька сотень видів. Перехідна група між папоротями і голонасінними.

Представники: меду лоза, каллимагототека.

Клас Бенетитові або Бенетитопсиди (*Bennettitopsida*)

Мезозойські рослини (30-40 тис видів). Вимерла група, що існувала від пермського періоду до пізньої крейди (найбільшу роль відігравали в юрському періоді та в ранній крейді). Походять імовірно від насінних папоротей. Листки перисті, рідше цільнокраї. Будова стебла як у саговникових, але кора порівняно тонка. Спорофіли були зібрані у стробіли, двостатеві рідше



# БОТАНІКА 2023-24



одностатеві. Насінні зачатки з пилковою камерою, інтегумент насінного зачатку витягнутий у довгу мікропілярну трубку. За зовнішнім виглядом були схожі на саговникових вимерлих і сучасних.

Представники: Вільямсонія, Цикадоідея.

## **Клас Саговникові або Цикадопсида (*Cycadopsida*).**

Близько 100 сучасних видів, 1 родина, 2 підродини, 9 родів. Поділ на підродини здійснюється за формою та будовою макроспорофілів. Сучасні голонасінні, але відомі також у викопному стані. Виникли ще до пізнього карбону. Розквіт – юрський період. Походять від насінних папоротей. Листки пірчасті, папоротевидні. Стебла мають товсту серцевину, відносно слабо розвинену вторинну деревину та товсту кору. Такий тип будови стебла називається маноксильним. Спорофіли зібрані в одностатеві стробіли. Насінні зачатки з пилковою камерою. Сперматозоїди з чисельними джгутиками. Архегонії розвинені. До даного класу належать тропічні і субтропічні голонасінні. Для більшості родів характерний строгий ендемізм. Як правило, не утворюють щільних заростей, поодинокі або ж зростають невеликими групами.

Деякі саговникові розвивають у ґрунті за рахунок укороченого стебла та дуже розвиненого і потовщеного головного кореня бульбовидне утворення – бульбокорінь.

Як правило, саговникові мають на верхівці розетку з великих пірчастих листків - своєрідну крону. Схожі на пальми. Листки варіюють за розмірами, мають шкірясту консистенцію з товстим шаром кутикули.

Саговникові – дводомні рослини. Клас включає 1 порядок Саговникові (*Cycadales*), 1 родину Саговникові (*Cycadaceae*), яку поділяють на дві підродини: Саговникові (*Cycadoideae*) та Замієві (*Zamioidae*). Підродина Саговникові включає один рід Саговник. Це дерев'яністі рослини, за розмірами менші за хвойні, ростуть дуже повільно (за 1000 років виростають на 20 м). Мегаспорофіли не зібрані в стробіли (шишки). Мікростробіли утворюються на верхівці, далі ріст відбувається за рахунок більшої пазушної бруньки, закінчується ріст знову ж таки утворенням стробіла, процес повторюється знову. Насінина саговника дуже велика – від 1 до 8 см.

Підродина Замієві включає 7 родів, 80 видів. Характеризуються тим, що їх макроспорофіли зібрані у стробіли (шишки).



## **Клас Гнетові або Гнетопсиди (*Gnetopsida*).**

Сучасні рослини походять, імовірно, від бенетитових. Листки цілокраї. Стебло маноксильної будови (у вельвічії), або піноксильної (кора і серцевина відносно тонкі, вторинна деревина розвинена і компактна). У деревині є справжні судини, відсутні смоляні ходи; характерна наявність довгої мікропілярної трубки, що нагадує стовпчик маточки покритонасінних; наявний покрив із лусок навколо стробілів, що нагадує оцвітину. Спорофіли зібрані в одностатеві стробіли, які походять від двостатевих. Насінні зачатки з рудиментарною пилковою камерою. Чоловічі гамети без джгутиків. Архегонії розвинені або відсутні.

## **Порядок Ефедрові (*Ephedrales*)**

Родина Ефедрові (*Ephedraceae*)

Рід Ефедра (*Ephedra*) включає 40 видів. В основному ксерофільні або напівксерофільні рослини. Невисокі, звичайно, дуже галузисті кущі, напівкущі, рідше деревця з членистими ребристими пагонами, що нагадують хвощі. Листки дрібні лусковидні, редуковані. Стробіли одностатеві, рослини звичайно дводомні.

Чоловічі стробіли мають вигляд дрібних шишечок, що складаються з кількох пар черепитчасто розташованих лусочок. У пазусі кожної пари лусок є 1 мікроспорофіл, що несе до 8 мікроспорангіїв (пилкових мішків), які відкриваються овальною щілиною.

Жіночі шишки складаються з 1-3 частин, які мають 1-3 насінних зачатки, оточені 2-3 парами «приквітків», зрослих при основі.

Насінний зачаток має нуцелус з ендоспермом і 2-5 архегоніями. Зовні нуцелус оточений 2 покривами, з яких внутрішній тонший - витягнутий в тонку, довгу мікропілярну трубку.

Після запліднення з насінного зачатка розвивається насінина, яка здебільшого має вигляд соковитої ягоди, оскільки зовнішній покрив насінного зачатка та приквіткові лусочки стають соковитими (у деяких пустельних видів зовнішній покрив сухий).

Представник ефедра двоколоскова – низький кущ (20-30 см), дуже галузистий з тонкорібристими зеленувато-жовтими пагонами. Насіння має вигляд яскраво червоної ягоди. Молоді



# БОТАНІКА 2023-24



пагони містять алкалоїд ефедрин, що використовується у медицині.

## **Порядок Гнетові (*Gnetales*)**

Родина Гнетові (*Gnetaceae*)

Рід Гнетум (*Gnetum*) налічує близько 40 видів, поширені у тропічній Азії, Південній Америці й Африці. Здебільшого деревовидні ліани вологих тропічних лісів, рідше дерева з прямим стовбуром або кущі. Листки здебільшого з широкою пластинкою, шкірясті, з пірчастим жилкуванням, за зовнішнім виглядом схожі на листки дводольних. Стебла і пагони членисті.

На чоловічих стробілах кільчасто розміщені мікроспорофіли, які несуть на верхівці по два мікроспорангія і з боків оточені двома листочками (зачаткова оцвітина).

У жіночих стробілів насінні зачатки також розміщені на вісі кільчасто і кожен з них міститься у пазусі двох зрослих листочків. У гнетових немає архегоній (на відміну від ефедрових). Макроспора, що розвивається в нуцелусі не утворює тканинного заростка. Її ядро ділиться, одне із утворених ядер зливається при заплідненні зі спермієм і дає початок зародку. Насінина має зовнішню м'ясисту оболонку.

## **Порядок Вельвічієві (*Welwitschiales*)**

Родина Вельвічієві (*Welwitschiaceae*)

Рід Вельвічія (*Welwitschia*)

Вид Вельвічія дивна (*W. mirabilis*), що росте у кам'янистих пустелях Південно-західної тропічної Африки. Стовбур короткий, товстий (до 1 м у діаметрі), майже цілком заглиблений у землю, від нього відходить довгий тонкий корінь, що сягає рівня ґрунтових вод. Листки у молодих рослин (їх тільки 2) – великі, шкірясті, стьожковидної форми 2-3 м, розвиваються і ростуть листки протягом 100 років. У старшому віці розриваються на окремі стьожки, кінці яких поступово відмирають.

Вельвічія - дводомна рослина. Чоловічі й жіночі стробіли, що утворюються на різних рослинах, зібрані у галузисті „суцвіття”.

Архегоній немає. Зародок насінини має дві сім'ядолі, гіпокотиль, довгий зародковий корінець і ніжку, якою висисає вміст ендосперму при проростанні насінини.

## **Клас Гінкгові або Гінкгопсида (*Ginkgopsida*)**

Порядок Гінкгові (*Ginkgoales*)

Родина Гінкгові (*Ginkgoaceae*)



# БОТАНІКА 2023-24



Представник – гінкго дволопатеве (*G. biloba*). Батьківщина – південно-західний Китай, у Китаї та Японії культивують як священне дерево.

Гінкго – високе дерево, 30-40 м висотою, з пірамідальною, далі розлогою кронею та гладенькою, темно-сірою корою. Листки розміщені на видовжених пагонах розсіяно, на укорочених – пучками.

Вторинна деревина добре розвинена, складається з трахеїд – анатомічна будова кореня схожа з будовою стебла. Листки черешкові із віялоподібною цілісною або дволопатевою пластинкою. Жилки дихотомічно розгалужені. На зиму листки опадають. Гінкго – дводомна рослина. Мікроспорофіли виникають на укорочених пагонах і зібрані в завислі стробіли, або сережки. Кожний мікроспорофіл складається з ніжки і двох спорангіїв. Мікроспорофіли ще називають тичинками. Мікроспори – пилок, у гінкго еліптичної форми з 2 оболонками (екзина і інтина). Проростання мікроспори починається всередині мікроспорангії. Утворюється три клітини: проталіальна, антеридіальна, гаусторіальна.

Макроспорофіли також виникають на кінцях укорочених пагонів у пазухах листків, але не зібрані в стробіли. Вони складаються з насінного зачатка (макроспорангії) та особливого валика при основі.

Насінні зачатки сидять по два на особливій ніжці. Насінний зачаток складається з інтегумента з мікропіле, нуцелуса, заростка з архегоніями, над нуцелусом пилова камера.

Пилок починає розвиватись в пиловій камері: з гаусторіальної клітини розвивається пилова трубка, яка прикріплюється до нуцелуса; антеридіальна клітина дає початок двом багатоджгутиковим сперматозоїдам. Один сперматозоїд зливається з яйцеклітиною, утворюється зигота, а далі зародок з двома сім'ядолями, оточений ендоспермом. Насінний зачаток перетворюється на насінину, оточену товстим м'ясистим шаром.

## **Клас Хвойні або Пінопсиди (*Pinopsida*)**

Клас Хвойні об'єднує 2 підкласи.

### **Підклас Кордаїти (*Cordaitidae*)**

Порядок Кордаїтові (*Cordaitales*)

Родина Кордаїтові (*Cordaitaceae*)

Давно вимерлі рослини, існували переважно в палеозої.

Утворювали ліси зі струнких високих (20-30 м) дерев.

### **Підклас Хвойні (*Pinidae*).**



# БОТАНІКА 2023-24



До цього підкласу належать понад 600 видів рослин, переважно дерев і кущів. Дерева іноді бувають гігантських розмірів, так ялина і смерека досягають висоти 60-76 м, а гігантська секвоя підносить свою крону до 140 м. Хвойні зустрічаються на всіх континентах світу (крім Антарктиди), значні площі вони займають у помірних і холодних поясах, де формують великі хвойні ліси.

Характерною особливістю хвойних є те, що гілки розміщуються неначе кільцями, причому щороку утворюється тільки одне кільце. Це дає змогу підрахувати вік рослини.

Анатомічна будова стебла одноманітна. Є смоляні ходи, що містять ефірні олії, смоли і бальзами. На спилі стебла добре видно річні кільця деревини. Справжніх судин у хвойних немає, їх провідні тканини складаються із трахеїд і ситовидних трубок. Хвойні, за незначним винятком, - вічнозелені рослини. Їх листки дрібні, голчасті або лускоподібні. Листорозміщення спіральне, супротивне або кільчасте. Листок покритий епідермісом з товстостінних клітин з добре вираженим шаром кутикули. Під епідермісом – шар механічних клітин та смоляні ходи. Мезофіл слабо диференційований і складається з майже однакових клітин. Розмножуються хвойні насінням і живцями.

Хвойні – однодомні рослини, за винятком ялівця.

Мікро- і макроспорофіли зібрані в одностатеві шишки (стробіли) звичайно на одній рослині. Особливості розмноження хвойних розглядаються нижче, в питанні „Життєвий цикл сосни звичайної”.

Підклас Хвойні або Пініди (*Pinidae*) об'єднує 7 порядків (2 представлені викопними формами):

## **Порядок Араукарієві (*Araucariales*)**

Родина Араукарієві (*Araucariaceae*) - 2 роди, 40 видів у Південній півкулі

Рід Араукарія (*Araucaria*)

Рід Агатіс (*Agathis*)

## **Порядок Кипарисові (*Cupressales*)**

Родина Кипарисові (*Cupressaceae*) - 20 родів, 150 видів

Рід Кипарис (*Cupressus*) - 15 видів.

У дикій флорі України тепер немає. В культурі (Крим) випробувано всі 15 видів.

Рід Ялівець (*Juniperus*) - 70 видів, в Україні - 8.

## **Порядок Подокарпові (*Podocarpaceales*)**

Родина Подокарпові (*Podocarpaceae*)





# БОТАНІКА 2023-24



Рід Подокарпус (*Podocarpus*) - 100 видів (Індія, Японія, Китай та в Південній півкулі)

## **Порядок Тисові (*Taxales*)**

Родина Тисові (*Taxaceae*)

Рід Тис (*Taxus*) - 4 роди, 20 видів. Північна півкуля. Давня група.

Тис ягідний (*Taxus baccata*) росте в Карпатах і гірському Криму, під охороною.

## **Порядок Соснові (*Pinales*)**

Родина Соснові (*Pinaceae*) – 10 родів, 250 видів. Поширення - Північна півкуля. Поділяється на дві групи родів:

I – що мають видовжені і вкорочені пагони. Сосна (*Pinus*) 100 видів, в Україні росте 6, в культурі 35 видів. Модрина (*Larix*) - 20 видів, в Україні - 1, в культурі - 10 видів, листки опадаючі. Кедр (*Cedrus*) - 4 види, в Україні в культурі.

II – що мають тільки видовжені пагони. Ялина (*Picea*) - 40-45 видів, в Україні - 26. Ялиця, або смерека (*Abies*) - 45 видів, в культурі 20 видів.

### **Життєвий цикл сосни звичайної.**

Сосна звичайна є типовим представником хвойних. Це високе світлолюбне дерево, що досягає 50 м заввишки і живе в середньому 150-200 років, але може досягати і більшого віку, тобто жити до 400 років. Щороку на сосні утворюються нові пагони, які розташовані на стовбурі кільчасто. До сорокарічного віку за кількістю цих кілець легко визначити вік сосни. У густих насадженнях лісу сосна швидко втрачає нижні гілки, які в затінку засихають і відвалюються і невелика крона зосереджується на верхівці стовбура. Лише на узліссях і на зріджених місцях при відсутності бічного затінення формується широка крона з товстими гілками, які розміщені досить низько. Сосна має пагони двох типів - видовжені і вкорочені. Видовжені пагони вкриті бурими лускоподібними листками. У пазухах їх розташовані дуже вкорочені пагони, що несуть по 2 голчастих листка, які називаються хвоїнками (кількість хвоїнок на вкорочених пагонах – таксономічна ознака хвойних). У сосни утворюються шишки двох типів: жіночі та чоловічі. Звичайно чоловічі шишки утворюються на нижніх гілках дерева а жіночі на верхівці. У деяких видів вони розміщуються на одній і тій же гілці, але при цьому жіночі шишки ближче до її кінця.

Весною на гілках сосни одночасно можна жіночі шишки трьох типів. На верхівках молодих пагонів утворюються дрібні



# БОТАНІКА 2023-24



кулясті шишечки зеленого кольору з червонуватим відтінком (це шишки 1-го року життя). При основі пагона можна побачити минулорічні зелені шишки конусоподібної форми з закритими лусками - це шишки 2-го року життя. Нижче на стеблі розміщуються коричнево-бурі дерев'янисті шишки з відкритими лусками, при основі яких знаходиться достигле насіння - це шишки 3-го року життя. Крім того, при основі однорічних видовжених пагонів розміщуються чоловічі шишки жовтого кольору (довжина 1-2 см), які по-декілька зібрані у великі колоски (стробіли).

Чоловіча шишка (мікростробіл) являє собою пагін з добре розвиненою віссю, на якій спіральні розташовані луски (мікроспорофіли), що мають вигляд плоских листочків, які черепичасто налягають одна на одну. На зовнішньому боці луски розміщуються по два великих пилових мішка (мікроспорангії), в яких формується пилок. Всередині мікроспорангіїв знаходиться спорогенна тканина, з якої в результаті мейозу утворюється велика кількість мікроспор. Кожна мікроспора одноядерна, гаплоїдна, має дві оболонки: зовнішню - екзину і внутрішню - інтину та має два повітряні мішки, які виникають внаслідок розходження екзини та інтини. Тут же, у мікроспорангії, мікроспори проростають, утворюючи чоловічий гаметофіт, який називається пилом. В результаті поділу ядра мікроспори утворюється дві клітини: спермагенна і сифоногенна клітини. Покриви мікроспори залишаються покривами пилку. Після цього мікроспорангії розкриваються поздовжньою щілиною і пилок висипається назовні. Повітряні мішки полегшують перенесення його вітром. Дальший розвиток чоловічого гаметофіта відбувається на жіночих шишках усередині насінного зачатка. На початку літа, виконавши свою функцію запилення, мікростробіли спадають.

Жіночі шишки (мегастробіли) мають складнішу будову, за розмірами вони відносно більші, ніж чоловічі шишки. На головній осі розташовані лусочки двох типів: покривні і насінні, пізніше вони зростаються і складається враження, що на осі шишки розміщуються однотипні луски, на яких лежать насінини. На верхньому боці насінних лусок розвивається по два насінних зачатки. Молодий насінний зачаток складається з нуцелуса та інтегумента. Нуцелус і є мегаспорангієм. Він яйцеподібної форми і зростається з інтегументом, але лише біля верхівки, що повернена до осі шишки, інтегумент має отвір - мікропіле



## БОТАНІКА 2023-24



(пилковхід). Спочатку нуцелус складається з однорідних диплоїдних клітин. Потім у середній його частині відокремлюється одна велика археспоріальна клітина. Вони, ділиться шляхом мейозу, утворюючи чотири мегаспори. Далі три з них відмирають, а четверта дає початок жіночому гаметофіту, що представлений первинним ендоспермом, в якому накопичені запасні поживні речовини. У верхній частині первинного ендосперму утворюються два архегонія, кожний з яких має по одній яйцеклітині. Отже, жіночий гаметофіт голонасінних - це первинний ендосперм з двома архегоніями.

У другій половині травня пилок із чоловічих шишок переноситься на насінні зачатки і уловлюється краплиною густої рідини, що виповнює простір між нуцелусом і інтегументом. Підсихаючи, рідина втягує пилок всередину насінного зачатка на нуцелус. Після запилення мікропіле заростає. Лусочки жіночої шишки зникають. Чоловічий гаметофіт продовжує свій розвиток на мегаспорангії. Екзина лопається і сифоногенна клітина, оточена інтиною, утворює пилкову трубку, яка занурюється в тканину нуцелуса і росте у напрямку до архегонія. По пилковій трубці проходить спермагенна клітина, яка ділиться і утворює два спермії - чоловічі гамети без джгутиків. Пилкова трубка крізь шийку архегонія сягає яйцеклітини. В ній підвищується тургор, кінчик її лопається, і вміст викидається у цитоплазму яйцеклітини. Один із сперміїв зливається з ядром яйцеклітини, а другий відмирає. Від запилення до запліднення у сосни минає близько 13 місяців. Із зиготи розвивається зародок, який росте за рахунок запасних продуктів ендосперму і складається з зародкового корінця, стебельця, брунечки і кількох сім'ядолей (5-12). Зародок оточений ендоспермом, який використовується під час проростання. Інтегумент перетворюється на насінну оболонку. Так насінний зачаток перетворюється на насіння. Воно лежить на насінній лусочці і має крилоподібний виріст - спеціальне пристосування, яке сприяє поширенню вітром. Насіння дозріває восени, на другий рік після запліднення.