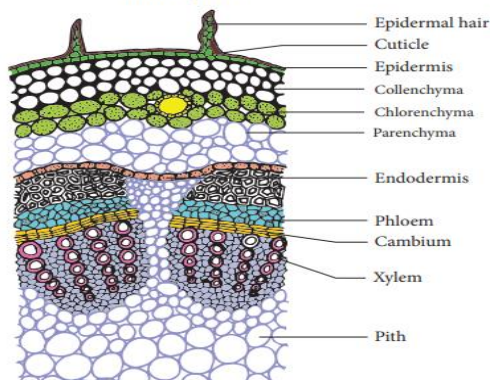
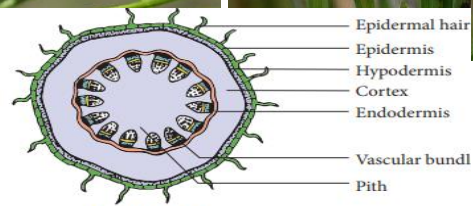


សតិសតិសាស្ត្រ



ສະລິລະສາດພືດ

Plant Taxonomy

ສາຍຄູເຄມີ

ປທີ 3

ພາກຮຽນທີ

ຮຽບຮຽງໂດຍ:

ອາຈານ ປອ ນາງ ສຸລິພອນ ສິວິໄຊ

ກວດແກ້:

ປທ ເພັດສະໝອນ ດວງສິລິ

ປທ ທັດທະສິນ ພິມມະແສງ

ປທ ສິພະຈັນ ແກ້ວດວງດີ



ສາທາລະນະລັດ ປະຊາທິປະໄຕ ປະຊາຊົນລາວ
ສັນຕິພາບ ເອກະລາດ ປະຊາທິປະໄຕ ເອກະພາບ ວັດທະນະຖາວອນ
ສະພາວິທະຍາສາດ

ວິທະຍາໄລຄຸສາລະວັນ
ສະພາວິທະຍາສາດ

ເລກທີ 43 ສພ.ວສ

ໃບຮັບຮອງ

ອະນຸມັດຜ່ານການຮັບຮອງການຮຽບຮຽງເອກະສານປະກອບການສອນ

ພາກວິຊາ ຊີວະວິທະຍາ-ເຄມີສາດ

- ອີງຕາມ: ວິໄສທັດຮອດປີ 2030 ຍຸດທະສາດຮອດປີ 2025 ແລະແຜນພັດທະນາຂະແໜງການສຶກສາ ແລະ ກິລາ 5 ປີ.
- ອີງຕາມ: ແຜນປັບປຸງຄຸນນະພາບ QA ຂອງກະຊວງສຶກສາທິການ ແລະ ກິລາ, ໃນມາດຕະຖານທີ 10 ຕົວຊີ້ວັດທີ 48-50 ການຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດ ແລະ ການບໍລິການ.
- ອີງຕາມ: ຂໍ້ຕົກລົງວ່າດ້ວຍພາລະບົດບາດ, ສິດ ແລະ ໜ້າທີ່ ສະພາວິທະຍາສາດຂອງວິທະຍາໄລຄຸສາລະວັນ ສະບັບເລກທີ 05/ສພ.ວສ, ລົງວັນທີ 7 ມີນາ 2024.

ຈາກຜົນການກວດສອບ, ກວດກາທາງດ້ານເນື້ອໃນ, ຫຼັກການຂອງບັນດາອະນຸກຳມະການເຫັນວ່າບົດຮຽບຮຽງເອກະສານປະກອບການສອນ ວິຊາ:ສະລິລະສາດພືດ ມີຄວາມຖືກຕ້ອງຕາມເນື້ອໃນຫຼັກສູດທີ່ໄດ້ກຳນົດ ແລະ ສະພາວິທະຍາສາດຈຶ່ງໄດ້ຮັບຮອງເອົາປຶ້ມເຫຼັ້ມນີ້ເປັນສ່ວນໜຶ່ງໃນການສິດສອນ ແລະ ຖືກນຳໃຊ້ເຂົ້າໃນກິດຈະກຳການຮຽນ – ການສອນໃນວິທະຍາໄລຄຸສາລະວັນ.

ຄະນະກຳມະການກວດສອບ

ລາຍເຊັນ

ທ່ານ ຊອ ປທ ສຸລິສິດ ແກ້ວເກັ່ງສະໄໝ

ທ່ານ ຊອ ປທ ວໍລະດາ ຄຸດພະຈັນ

ທ່ານ ຊອ ປທ ປັນຍາ ຈັນທະລັງສີ

ທີ່, ສາລະວັນ, ວັນທີ

ປະທານສະພາວິທະຍາສາດ

ອຈ. ນ ສົມປອງ ແສນທະວິສຸກ

ຄຳນຳ

ເພື່ອຈັດຕັ້ງປະຕິບັດແຜນຍຸດທະສາດການປະຕິຮູບລະບົບການສຶກສາແຫ່ງຊາດ, ແຜນພັດທະນາການສຶກສາ ແລະ ກິລາ 5 ປີ (2020-2025) ແລະ ແຜນດຳເນີນງານການສ້າງຄູແຕ່ປີ 2020-2025 ໃຫ້ປາກົດຜົນ ເປັນຈິງ, ກົມສ້າງຄູ ໄດ້ຮັບການມອບໝາຍໃຫ້ດຳເນີນການພັດທະນາຫຼັກ ສູດສ້າງຄູມັດທະຍົມ ລະດັບປະລິນຍາຕີ ລະບົບ 12+4 ທີ່ສອນໄດ້ທັງເຄມີ ແລະ ຊີວະສາດເປັນຕົ້ນ. ໂດຍການປະສານສົມທົບກັບຄູສອນໃນລາຍວິຊາຊີວະ-ເຄມີ ທີ່ວິທະຍາໄລຄູສາລະວັນ ແລະ ພາກສ່ວນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງຕ່າງໆ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ການພັດທະນາ ປຶ້ມເອກະສານປະກອບການສອນ ໂດຍອີງໃສ່ຫຼັກສູດ ດັ່ງກ່າວສຳເລັດຜົນຕາມຄາດໝາຍທີ່ວາງໄວ້ ຊຶ່ງຖືກຮັບຮອງ ແລະ ອະນຸມັດຈາຜູ້ກວດແກ້ ແລະ ຫ້ອງການສາຍ ຕາມການຕົກລົງຂອງສະພາວິທະຍາສາດ ວ່າດ້ວຍການຮັບຮອງ ແລະ ອະນຸມັດນຳໃຊ້.

ປຶ້ມເອກະສານປະກອບການສອນ ຂອງຫຼັກສູດສ້າງຄູມັດທະຍົມ ລະດັບປະລິນຍາຕີ ໃນລາຍວິຊາ ກາຍະວິພາກ-ສະລິລະສາດພຶດ ໄດ້ຖືກສ້າງຂຶ້ນເພື່ອປະກອບເຂົ້າໃນການສອນ ໂດຍອີງໃສ່ຫຼັກສູດ ຫຼັກສູດສ້າງຄູທີ່ເນັ້ນສະມັດຖະພາບຂອງນັກສຶກສາຄູ; ສ້າງຂຶ້ນເພື່ອໃຫ້ສອດຄ່ອງ ກັບການປະຕິຮູບ ລະບົບການສຶກສາແຫ່ງຊາດ, ໄປຕາມທ່າອ່ຽງຂອງພາກ ພື້ນ ແລະ ສາກົນ, ເພີ່ມປະສິດທິພາບ ແລະ ສາມາດແກ້ໄຂ ບັນຫາຄູການຂາດເອກະສານຮຽນ. ໃນວິຊານີ້ແມ່ນກ່ຽວກັບຄວາມຮູ້ທົ່ວໄປກ່ຽວກັບສະລິລະສາດພຶດ, ການສັງເກດແສງຂອງພຶດ, ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງນ້ຳຂອງພຶດ, ການຫາຍໃຈ, ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ຮໍໂມນຂອງພຶດ. ເພື່ອສ້າງຄວາມພ້ອມໃຫ້ແກ່ນັກສຶກສາ ສາຄູໃນດ້ານການຮຽນ. ນະໂຍກາດນີ້ ຂ້າພະເຈົ້າຂໍສະແດງຄວາມຂອບໃຈມາຍັງທຸກພາກສ່ວນໃນວິທະຍາໄລຄູທີ່ກ່ຽວຂ້ອງ ທີ່ໃຫ້ຄຳເຫັນ ແລະ ຂໍສະເໜີຕ່າງໆ ທີ່ເປັນປະໂຫຍດໃນການພັດທະນາຫຼັກສູດດັ່ງກ່າວ.

ການພັດທະນາປຶ້ມປະກອບການສອນສະບັບນີ້ ບໍ່ອາດຈະປາສະຈາກຂໍ້ຂາດຕົກບົກພ່ອງໄດ້, ສະນັ້ນ ຈຶ່ງຂໍຮຽກຮ້ອງມາຍັງ ຜູ້ນຳໃຊ້ທັງຫຼາຍ ຈຶ່ງຕຳນິຕິຊົມມາດ້ວຍ ເພື່ອຈະໄດ້ຄົ້ນຄວ້າປັບປຸງໃຫ້ສົມບູນຂຶ້ນໃນຕໍ່ໜ້າ.

ສາລະບານ

ພາກສະເໜີ.....	10
ບົດທີ1: ການສັງເກດແສງ Photosynthetic.....	18
ບົດທີ2: ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງ.....	45
ບົດທີ3: ການຫາຍໃຈຂອງພືດ Respiration of Plant.....	79
ບົດທີ4: ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ຮໍໂມນພືດ	98
ບົດທົດລອງ.....	150
ພາກເພີ່ມເຕີມ	187

ໂຄງຮ່າງຫຼັກສູດລາຍວິຊາ ຊື່ວິຊາ : ສະລິລະສາດພືດ ຫຼັກສູດສ້າງຄຸນທະຍົມ ລະດັບປະລິນຍາຕີ ສາຂາວິຊາຄູເຄມີສາດ ລະຫັດວິຊາ: 0903607	
ລະບົບ-ພາກຮຽນ	12+4 ປີ-ພາກຮຽນທີ 6
ຈຳນວນຊົ່ວໂມງ	48
ຈຳນວນໜ່ວຍກິດ	2(1-2-2)
ອະທິບາຍໜ່ວຍກິດ	ວິຊານີ້ມີ 2 ໜ່ວຍກິດ , 3 ຊົ່ວໂມງຕໍ່ອາທິດ ເຊິ່ງໃນນັ້ນມີ 1 ຊົ່ວໂມງບັນລະຍາຍ, 2 ຊົ່ວໂມງພາກປະຕິບັດ ແລະ 2 ຊົ່ວໂມງແມ່ນວຽກມອບໝາຍເທົ່າກັບ 48 ຊົ່ວໂມງ ໃນ 16 ອາທິດ (ບໍ່ລວມຊົ່ວໂມງວຽກມອບໝາຍ)
ເນື້ອໃນ	ວິຊານີ້ແມ່ນເວົ້າເຖິງຂະບວນການທາງສະລິລະສາດ (ການຫາຍໃຈ, ການຄາຍນ້ຳ, ການລຳລຽງນ້ຳ, ການເຕີບໃຫ່ຍ ແລະ ການສັງເຄາະແສງຂອງພືດ)
ຈຸດປະສົງ	ເມື່ອຮຽນວິຊານີ້ແລ້ວນັກສຶກສາຈະສາມາດ: 1. ອະທິບາຍໄດ້ກ່ຽວກັບຂະບວນການຫາຍໃຈ, ການຄາຍນ້ຳ, ການລຳລຽງນ້ຳ, ການເຕີບໃຫ່ຍ ແລະ ການສັງເຄາະແສງຂອງພືດ. 2. ປະສົບການກັບການທົດລອງຕົວຈິງ ແລະ ນຳໃຊ້ອຸປະກອນການທົດລອງໃນເວລາເຮັດທົດລອງຕ່າງໆ.
ການດຳເນີນການສອນ	ວິຊານີ້ຈະໄດ້ຈັດການຮຽນ-ການສອນຢູ່ພາຍໃນ 16 ອາທິດ, ທັງໝົດມີ 4 ປິດ ແລະ ແຕ່ລະປິດຈະໄດ້ແບ່ງອອກເປັນຫຼາຍຫົວຂໍ້ຍ່ອຍ. ມີການນຳໃຊ້ຫຼັກການສອນ ແລະ ວິທີສອນທີ່ຫຼາກຫຼາຍເຂົ້າໃນການສອນເຊັ່ນ: ການບັນຍາຍ, ການສົນທະນາ, ການຈັດກຸ່ມ, ການທົດລອງ, ການຂຽນບົດລາຍງານ ແລະ ລົງພາກສະໜາມ.
ອຸປະກອນ	ບົດນຳສະເໜີ Powerpoints, LCD, ເອກະສານປະກອບການນຳສະເໜີ, ອຸປະກອນການທົດລອງ
ອາທິດ 1	ບົດທີ 1 ການສັງເຄາະແສງ Photosynthetic 1. ຄວາມໝາຍຂອງການສັງເຄາະແສງ 2. ອົງປະກອບທີ່ໃຊ້ໃນການສັງເຄາະແສງ 2.1. Photosynthetic pigment ສຳລັບດູດຟະລັງງານຈາກແສງສະຫວ່າງ ①. ຄູໂລຟິນ chlorophyll ②. ຄາໂລຕິນອຍ ແລະ ຟິໂກບິລິນ (Carotenoid ແລະ Phycobilin) ③. ຄູໂລຟັດສ໌ chloroplast 2.2. ແສງສະຫວ່າງ ການດູດແສງຂອງ Photosynthetic pigment 2.3. ຄາບອນໄດອອັກໄຊນ້ຳ, ຈຸລັງທີ່ມີຊີວິດ ແລະ ເອັນຊາຍ Enzyme

ອາທິດ 2	ບົດທີ1 (ຕໍ່) ການສັງເຄາະແສງ Photosynthetic 1.2.4. ຂະບວນການຂອງການສັງເຄາະແສງ 1.2.4.1 ປະຕິກິລິຍາສັງເຄາະແສງ ①.ປະຕິກິລິຍາແຈ້ງ Light reaction Photophosphorylation ②.ປະຕິກິລິຍາມືດ Dark reaction 1.2.4.2 ວົງຈອນແຄນວິນ (calvin's cycle) 1.2.4.3 ຂະບວນການໄຟໂຕເຣສໄປເຣຊັ້ນ (photorespiration) 3. ພຶດ C3 ແລະ ພຶດ C4 4. ປັດໃຈທີ່ມີຜົນຕໍ່ການສັງເຄາະແສງ 1.4.1. ສະພາບແວດລ້ອມພາຍໃນ 1.4.2. ສະພາບແວດລ້ອມພາຍນອກ
ອາທິດ 3	ບົດທີ2 ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງ 2.1.ຄວາມໝາຍຂອງການຄາຍນ້ຳ 2.2. ປັດໃຈຂອງການຄາຍນ້ຳ 2.3. ການແທກອັດຕາການຄາຍນ້ຳ
ອາທິດ 4	ບົດທີ2 (ຕໍ່) ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງ 2.1.ຄວາມສຳຄັນຂອງການຄາຍນ້ຳ 2.2. ການດູດນ້ຳ ແລະ ການຫຼຸດອັດຕາການຄາຍນ້ຳຂອງພືດ 2.3. ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳ ແລະ ທາດອົງຄະທາດໃນຮ່າງກາຍພືດ ທົດລອງ: ປະລິມານການຄາຍນ້ຳຈາກໃບ ບັນທຶກຜົນການທົດລອງ ແລະ ຂຽນບົດລາຍງານ
ອາທິດ 5	ບົດທີ2 (ຕໍ່) ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງ 2.4. ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳແບບບັກໂຟວ (Bulk flow) 2.5. ກົນໄກການດູດນ້ຳຂອງພືດ ແລະ ການລຳລຽງນ້ຳຂອງພືດ ທົດລອງ: ແຮງດັນຈາກການຄາຍນ້ຳຂອງພືດ
ອາທິດ 6	ບົດທີ2 (ຕໍ່) ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງ 2.6. ກົນໄກການເປີດ-ປິດຂອງປາກໃບ 2.7. ກົນໄກການດູດແຮ່ທາດ
ອາທິດ 7	ບົດທີ3

	ການຫາຍໃຈຂອງພືດ Respiration of Plant 1.1. ຄວາມໝາຍຂອງການຫາຍໃຈ 1.2. ຂະບວນການກຼີໂກໄລຊິສ(Glycolysis) 1.3. ການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອົກຊີເຈນ Aerobic respiration 1.3.1. ອັດຕາການຫາຍໃຈຂອງຈຸລັງ ແລະ ອະໄວຍະວະຕ່າງໆ 1.3.2. ປັດໃຈທີ່ມີອິດທິພົນຕໍ່ການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອົກຊີເຈນ Aerobic respiration
ອາທິດ 8	ບົດທີ3(ຕໍ່) ການຫາຍໃຈຂອງພືດ Respiration of Plant 2. ການຫາຍໃຈແບບບໍ່ໃຊ້ອົກຊີເຈນ Anerobic respiration 3. ການຫາຍໃຈແບບບໍ່ໃຊ້ອົກຊີເຈນ Anerobic espiration ໃນພືດຂັ້ນສູງ 4. ວົງຈອນແກຣບ (Kreb's cycle) 5. ປຽບທຽບຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງການສັງເກດແສງ ແລະ ການຫາຍໃຈ ສະຫຼຸບຂະບວນການຫາຍໃຈຂອງພືດ 6. ຂະບວນການນຳສົ່ງອີເລັກຕອນ
ອາທິດ 9	ບົດທີ 4 ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ຮໍໂມນພືດ 1. ຄວາມໝາຍຂອງການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາຂອງພືດ 2. ປັດໄຈທີ່ມີຜົນຕໍ່ການການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງພືດ
ອາທິດ 10	ບົດທີ 4 (ຕໍ່) ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ຮໍໂມນພືດ 3. ວົງຈອນການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ການພັດທະນາຂອງພືດ 4. ການຈະເລີນເຕີບໂຕດ້ານກົງກັນໃບ (vegetative growth) 4.1. ການງອກຂອງແກ່ນ (seed germination) 4.2. ການພັກໂຕຂອງແກ່ນ (seed domancy) 4.3 ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດໃນໄລຍະແລກ (juvenility)
ອາທິດ 11	ບົດທີ4 (ຕໍ່) ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ຮໍໂມນພືດ 5.ການຈະເລີນເຕີບໂຕດ້ານການສືບພັນ (reproductive growth) 5.1 ການແກ່ຂອງພືດ (maturity) 5.2ການອອກດອກຂອງພືດ (flowering) 5.3ການເສື່ອມສະພາບຂອງພືດ (senescence) 5.4 ການຕາຍຂອງພືດ (death) 6.ການຈະເລີນເຕີບໂຕແຕ່ລະອະໄວຍະວະຂອງພືດ 6.1 ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຮາກ 6.2ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງລຳຕົ້ນ 6.3ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງໃບ 6.4 ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງດອກ

	6.5 ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງໝາກ ແລະ ແກ່ນ
ອາທິດ 12	ບົດທີ 4 (ຕໍ່) ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ຮໍໂມນພືດ 7. ຮໍໂມນພືດ 7.1 ອັອກຊິນ (Auxin) 7.2 ກິບເບີລິນ (Gibberellin) 7.3 ໄຊໂຕໄຄນິນ (cytokinin) 7.4 ແອັບໄຊຊິກອາຊິດ (Absciscic acid) 7.5 ຮໍໂມນອື່ນໆ
ອາທິດ 13	ບົດທີ 5 ຄວາມຄຽດຂອງພືດ (Plant stress) 1. ຄວາມໝາຍຂອງສະພາວະຄວາມຄຽດຂອງພືດ 2. ຄວາມຄຽດຈາກສິ່ງທີ່ມີຊີວິດ (Biotic stress) 2.1. ຄວາມຄຽດຈາກເຊື້ອພະຍາດ (pathogen/microbes) 2.2. ຄວາມຄຽດຈາກແມງໄມ້, ສັດຕູພືດ (insects) 2.3. ຄວາມຄຽດຈາກພືດໃກ້ຄຽງປ່ອຍສານອັນຕະລາຍ (allelopathy)
ອາທິດ 14	ບົດທີ 5 (ຕໍ່) ຄວາມຄຽດຂອງພືດ (Plant stress) 3. ຄວາມຄຽດຈາກສິ່ງທີ່ບໍ່ມີຊີວິດ (Abiotic stress) 3.1. ຄວາມຄຽດຈາກນ້ຳ 3.1.1 ຄວາມຄຽດຈາກການຂາດນ້ຳ ຫຼື ແຫ້ງແລ້ງ (drought) 3.1.2 ຄວາມຄຽດຈາກນ້ຳທ່ວມ (flooding and waterlogging) 3.2. ຄວາມຄຽດຈາກອຸນຫະພູມ 3.2.1 ຄວາມຄຽດຈາກອຸນຫະພູມສູງ 3.2.2 ຄວາມຄຽດຈາກອຸນຫະພູມຕໍ່າ
ອາທິດ 15	ບົດທີ 5 (ຕໍ່) ຄວາມຄຽດຂອງພືດ (Plant stress) 3.1. ຄວາມຄຽດຈາກແສງ 3.2. ຄວາມຄຽດຈາກສານເຄມີ 3.2.1 ຄວາມຄຽດຈາກເກືອ ຫຼື ດິນເຄັມ (salinity) 3.2.2 ຄວາມຄຽດຈາກໂລຫະໜັກ (heavy metal) 3.2.3 ຄວາມຄຽດຈາກມົນລະພິດ (air pollution) 3.2.4 ຄວາມຄຽດຈາກຢາກຳຈັດສັດຕູພືດ (pesticide)
ອາທິດ 16	ບົດທີ 5 (ຕໍ່) ຄວາມຄຽດຂອງພືດ (Plant stress) 4. ການປັບຕົວຂອງພືດພາຍໃຕ້ສະພາວະຄຽດ (Plant adaptation)

	4.1 ການຫຼີກຫຼີ (escape) 4.2 ການຕ້ານທານ (resistant)
ການປະເມີນ ຜົນ	- ການມາຮຽນ 10% - ກິດຈະກຳບຸກຄົນ 20% - ກິດຈະກຳກຸ່ມ 10% - ສອບເສັງກາງພາກ 25% - ສອບເສັງທ້າຍພາກ 35% - ລວມ 100%
ເອກະສານອ້າງ ອີງ	1. ກຸ່ມວິຊາສະເພາະສາຍສ້າງຄູມັດທະຍົມຕົ້ນ ຊີວະສາດ 1 ໜ້າທີ 81-112 ກະຊວງສຶກສາທິການ, ກົມສ້າງຄູ, ສູນພັດທະນາຄູ, 2008. 2. ເສົາຊີໂນລັດ ແລະ ພອນນິຊີໂນລັດ ຊີວະວິທະຍາ 3 1-283 ກຸງເທບ, ໂຊກຕະນາການພິມ ພ.ສ 2541. 3. ອາຈານ ເກຊິມ ສິລິພົງ, ຄູ່ມືກຽມສອບ ຊີວະວິທະຍາ ມ 5 ເຫຼັ້ມ 3, ບາງກອກ ພ.ສ 2537
ຜູ້ຮຽບຮຽງ	ແສງສຸລິຈັນ ເດດວົງສາ, ວິທະຍາໄລຄູສະຫວັນນະເຂດ E-mail: sengsoulichan_dethvongsa@yahoo.com ພັນມະຫາ ທອງລາສີ ວິທະຍາໄລຄູສະຫວັນນະເຂດ E-mail: Phanmaha 210311990@gmail.com

ພາກສະເໜີ ຄວາມຮູ້ທົ່ວໄປກ່ຽວກັບຄວາມອານາຈັກພືດ

ອານາຈັກພືດ (Plant Kingdom).

ອີງໃສ່ຫຼັກການຈັດແບ່ງອານາຈັກພືດໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 8 ສາຂາຄື:

1. ສາຂາບູໂອໄຟຕ້າ (Divisoin Bryophyta)

ພືດໃນສາຂານີ້ເປັນພືດທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍ, ມີປະມານ 16, 000 ຊະນິດ ມີໂຄງສ້າງຮ່າງກາຍແບບງ່າຍໆ ຍັງບໍ່ທັນມີຮາກ, ລໍຕົ້ນ ແລະ ໃບຢ່າງແທ້ຈິງ, ມັກຢູ່ບ່ອນຊຸ່ມຊື່ນ, ການສືບພັນແບບອາໄສເພດໂດຍໄດ້ອາໄສນ້ຳສຳລັບໃຫ້ສະເປີມທີ່ມີແຟກເຈວລາ (Flagella) ລອຍໄປປະສົມກັບໄຂ່. ມີຮູບຮ່າງລັກສະນະເປັນແຜ່ນ ແລະ ຄ້າຍຄືກັບລຳຕົ້ນ ແລະ ໃບຂອງພືດຂຶ້ນສູງມີ ໄຮຊອຍ (rhizoid) ສຳລັບຢືນຕົ້ນ ໃຫ້ຕິດກັບດິນ ແລະ ຊ່ວຍດູດນ້ຳ ແລະ ແຮ່ທາດ, ຮ່າງກາຍມີສີຂຽວເພາະມີຄູໂຮຟິລ (Chlorophyll) ຈຶ່ງສາມາດສ້າງອາຫານເອົາເອງໄດ້ ເຮັດໃຫ້ຢູ່ໄດ້ແບບອິດສະຫຼະ.

ສາຂານີ້ໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 2 ເຫຼົ່າຄື:

ກ. ເຫຼົ່າ: ເຮປາຕີໂຄບສິດາ (Hepaticopsida) ພືດຈຳພວກນີ້ ຄ້າຍຄື ມອດສ ມີຈຳນວນທັງໝົດປະມານ 8.500 ຊະນິດ ຂະໜາດສູງປະມານ 2 – 3 ຊັງຕີແມັດ ຫຼື ເປັນແຜ່ນຕິດກັບພື້ນດິນ, ບໍ່ມີຫໍ່ລຳລຽງ ແລະ ບໍ່ມີໃບແທ້ຈິງ , ໂຄງສ້າງຄ້າຍຄືໃບ ເປັນຫໍ່ລັສສະມີໄລຊອຍ ຄ້າຍຄືເສັ້ນຜົມ, ດູດອາຫານໃນດິນ ສ່ວນຫຼາຍພົບໃນເຂດຮ້ອນ ຕາມປ່າຊຸ່ມໃກ້ແຫຼ່ງນ້ຳ.



ລິເວີເວີດ (Liver wort)

ຂ. ເຫຼົ່າ: ແອນໂທເຊີບຊິດາ (Class Anthocerpsida) ຮອນເວີດ ມີລັກສະນະຄ້າຍຄືກັບລິເວີເວີດແກມີໂຕໄຟຕ ມີລັກສະນະເປັນແຜ່ນ ມີຮອຍຍົກຫຍິບກ່ອນຂອບ ແລະ ແຕກແຫງອອກ, ສະບັໂຮໄຟ ເຕີບໂຕເທິງຫໍ່ລັສຂອງ ແກມີໂຕໄຟຕ ເຖິງແມ່ນວ່າສະບັໂຮໄຟຈະມີຄູໂຮຟິນ ສາມາດສ້າງເຄາະແງເພື່ອສ້າງອາຫານໄດ້ ແຕ່ກໍຕ້ອງອາໄສຢູ່ເທິງແກມີໂຕໄຟສ.



ຄ. ເຫຼົ້າ: ບູເອບຊຸເຕ (Bryopsida) ເອນວາ ພວກມອສເລ (Moss)

ມອດສ (Moss) ເປັນພືດກຸ່ມໃຫຍ່ ມີຈຳນວນປະມານ 14. 500 ຊະນິດ ຢູ່ຕາມທຳມະຊາດ ມັກພົບ ມອດສ (Moss) ຢູ່ໃນສະພາບຂອງແກມິໂຕໄຟຕ ຫຼາຍກວ່າສະບັໂຣໄຟຕ, ລັກສະນະຂອງແກມິໂຕໄຟ ໄລຍະທຳອິດ ເຊິ່ງອອກມາຈາກສະບັໂຣໄຟຕ ມີລັກສະນະເປັນເສັ້ນແຕກແຫງຄ້າຍຄືກັບສີເທົາຂຽວແລ້ວ ສ້າງໜ່ວຍໆຂຶ້ນຫຼາຍໜ່ວຍ, ມີເສັ້ນໄຍນ້ອຍໆ ເອີ້ນວ່າ: ໂຣຊອຍ (Rhizoid) ຊ່ວຍດູດຊຶມນ້ຳ ແລະ ແຮ່ທາດ, ສ່ວນສະບັໂຣໄຟຕ ມີການ ຊຸບສະບັລັກສະນະເປັນແຫ່ງສີຂຽວສັງເກດເຫັນໄດ້, ຍືນແກມິໂຕໄຟອອກມາໄດ້ຢ່າງຊັດເຈນ. ເຮົາພົບເຫັນມອດສ ໄດ້ທົ່ວໄປຕາມພູເຂົາໃກ້ແຫຼ່ງນ້ຳ ບ່ອນຊຸ່ມ.



ມອດສ (Moss)

2. ສາຂາຟໂຣໄຟຕາ (Division Psilophyta).

ພືດໃນສາຂານີ້ພົບເຫັນຢູ່ປະເທດໄທໄດ້ແກ່ Psilotum ຮູ້ຈັກກັນໃນຊື່ໄທວ່າ: ຫວາຍທະນອຍ, ສະບໍໂຣໄຟ ຂອງພືດນີ້ຮູບຮ່າງລັກສະນະງ່າຍຄືມີແຕ່ລຳຕົ້ນ, ບໍ່ມີຮາກ ແລະ ໃບ. ລຳຕົ້ນເປັນລັກສະນະເປັນໄມ້ເນື້ອອ່ອນຂະໜາດສູງປະມານ 20 – 30 cm, ຂຶ້ນຢູ່ຕາມພື້ນດິນ ຫຼື ຕິດເກາະກັບຕົ້ນໄມ້ອື່ນ. ລຳຕົ້ນແບ່ງອອກເປັນ 2 ສ່ວນຄື: ສ່ວນທີ່ຢູ່ໄຕ້ດິນເປັນລຳຕົ້ນຊະນິດໄຮໂຊມ (rhizome)ມີຕົ້ນສີນ້ຳຕານ ແລະ ມີ ໄຮຊອຍ ເຮັດໜ້າທີ່ດູດນ້ຳ ແລະ ເກືອແຮ່ຈ່າຍ. ລຳຕົ້ນທີ່ຢູ່ເໜືອພື້ນດິນມີສີຂຽວ ມີລັກສະນະເປັນລ່ຽມ ລຳຕົ້ນນີ້ເຮັດໜ້າທີ່ສັງເຄາະແສງ.



ພິຊີໂລຕຳ (Psilotum)

3. ສາຂາລິໂກໄຟຕາ (Division Lycophyta)

ພືດໃນສາຂານີ້ມີຮາກ ແລະ ລຳຕົ້ນຄົບຖ້ວນ ເປັນໄມ້ເນື້ອອ່ອນ, ມີຂະໜາດບໍ່ໃຫຍ່ປານໃດ ພວກທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕຢູ່ພື້ນດິນ ອາດຈະມີລຳຕົ້ງຊື່ ແລະ ຄົດໂຄ້ງ. ບາງຊະນິດອາດເກາະຢູ່ຕົ້ນໄມ້ອື່ນ, ໃບມີຂະໜາດນ້ອຍຄືເປັນໃບທີ່ເສັ້ນໃບພຽງເສັ້ນດຽວ, ສະບໍໂຣໄຟຈະເລີນເຕັມທີ່ແລ້ວຈະສ້າງກັບສະບັຢູ່ເທິງໃບທີ່ພົບທົ່ວໄປ.



ລິໂກໂປດຽມ (Lycopodium)

4. ສາຂາ ຟີໂນໄຟຕ້າ (Division Sphenophyta)

ເປັນພືດທີ່ມີທໍ່ລຳລຽງ ມີພຽງວົງຈອນດຽວ, ມີຮ່າງການຂະໜາດນ້ອຍ ຈະເລີນຢູ່ໄດ້ດິນ, ສະບັໂຣໄຟ ຂະໜາດໃຫຍ່, ອາຍຸຍືນ, ລຳຕົ້ນເປັນປ້ອງຊັດເຈນ, ປ້ອງເປັນຮ່ອງ ແລະ ສີ້ນ. ພືດໃນສາຂານີ້ເປັນຕົ້ນແມ່ນຫ ບ້າຖອດປ້ອງ.



ຫຍ້າຖອດປ້ອງ

5. ສາຂາ ເທີໂຣໄຟຕາ (Division Pterophyta)

ເຟີນເປັນພືດບໍ່ມີດອກ ມີການສືບພັນໂດຍການສ້າງສະບໍ່ ທາງດ້ານກ້ອງຂອງໃບ ກຳເນີດມາດົນນານກວ່າ 300 ລ້ານປີມາແລ້ວ, ກ່ອນຈະມີພືດມີດອກຊະນິດຕ່າງໆ ປະກົດຂຶ້ນບົນໜ້າໂລກ.

- 1) ລັກສະນະທົ່ວໄປຂອງເຟີນ ຈັດເປັນພືດທີ່ບໍ່ມີເນື້ອໄມ້ ສ່ວນປະກອບທີ່ສຳຄັນມີ 3 ສ່ວນຄື: ລຳຕົ້ນ, ຮາກ ແລະ ໃບ.
- 2) ລຳຕົ້ນ: ມີທໍ່ລຳລຽງ ແລະ ອາຫານແບບງ່າຍໆບໍ່ມີເນື້ອໄມ້ ແລະ ບໍ່ມີການເພີ່ມຂະໜາດກ້ວາງ, ລຳຕົ້ນບໍ່ມີເປືອກ ແຕ່ມີຂົນ ຫຼື ແຜ່ນຄ້າຍຄືເກັດ (Scale) ປົກຄຸມ.
- 3) ຮາກ: ກຳເນີດມາຈາກລຳຕົ້ນແຕກແໜງແບບຮາກຜອຍ ແລະ ບໍ່ມີຮາກແກ້ວ.
- 4) ໃບ: ມີລັກສະນະຄ້າຍຄືພືດມີດອກທົ່ວໄປ ແບ່ງອອກເປັນໃບດ່ຽວ ແລະ ໃບປະສົມ, ດ້ານທ້ອງໃບຈະມີສະບໍ່ຈຳນວນຫຼາຍ ເຮັດໜ້າທີ່ສ້າງສະບໍ່, ສະບໍ່ຈະຫຼຸດອອກຈາກກັບສະບໍ່ເມື່ອຈະເລີນເຕີບໂຕເຕັມທີ່ແລ້ວ ເມື່ອຕົກລົ່ນຢູ່ໃນບ່ອນຊຸ່ມ ອຸ່ນນະພູມທີ່ເໝາະສົມ ກໍ່ຈະ ຈະເລີນງອກງາມຂຶ້ນມາເປັນຕົ້ນໃໝ່.

ໃນທຳມະຊາດ ເຮົາພົບເຟີນຢູ່ຕາມສະພາບເວດລ້ອມແຕກຕ່າງກັນເຊັ່ນ: ຕາມປ່າຊຸ່ມໃນທົ່ງນາ, ເກາະຕາມຕົ້ນໄມ້, ຂຶ້ນຢູ່ເທິງຫີນ ແຕ່ກໍ່ຂຶ້ນຢູ່ກັບຊະນິດເຟີນ ຕົວຢ່າງ: ເຟີນທີ່ເຫັນຕາມທົ່ວໄປໄດ້ແກ່ກະແຕໄຕໄມ້, ຊາຍຜ້າສີດາ, ຂ້າຫຼວງທັງຫຼາຍ, ເຟີນກ້າງປາ, ເຟີນກ້ານດຳເກັດນາກຄະລາດ, ຜັກແວ່ນ, ແໜແດງ ແລະ ຈອກຫູໜູເປັນຕົ້ນ.



ຮູບ: ເຟີນ

6. ສາຂາ: ໂຄນີເຟີໂຮໄຟຕາ (Division Coniferophyta)

ເປັນຈົມໂນສະເປີມທີ່ມີຈຳນວນຫຼາຍທີ່ສຸດ, ມີຫຼາຍສະກຸນດ້ວຍກັນທີ່ຮູ້ຈັກກັນດີຄື : ປີນັດ (Pinus) ໄດ້ແກ່ : ສີນ 2 ໃບ ແລະ ສີນ 3 ໃບເປັນຕົ້ນ. ສະບໍ່ໂຮໄຟຂອງ Pinus ມີລັກສະນະເປັນໄມ້ຍືນຕົ້ນຂະໜາດຂ້ອນຂ້າງໃຫຍ່ແລະ ແຕກກິ່ງກ້ານສາຂາຈຳນວນຫຼາຍ, ໃບມີຂະໜາດນ້ອຍ, ຮູບຮ່າງຄ້າຍຄືເຂັມຢູ່ຮ່ວມກັນເປັນກຸ່ມ. ສະບໍ່ໂຮໄຟຈະເລີນເຕັມທີ່ຈະສ້າງໂຄນເພດຜູ້ທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍ ແລະ ໂຄນເພດແມ່ທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ຢູ່ເທິງຕົ້ນດຽວກັນ.



ຕົ້ນແປກ

7. ສາຂາ: ໂຄນີເຟີໂຣໄຟຕາ (Division Coniferophyta)

ພືດໃນສາຂານີ້ມີປະມານ 60 ຊະນິດຕົວຢ່າງທີ່ຮູ້ຈັກກັນດີຄື : ພວກປົງ (Cycas) ມີລຳຕົ້ນອອບ, ເຕ້ຍ ແລະ ມັກບໍ່ແຕກແຫງ, ມີໃບເປັນໃບປະກອບແບບຂົນນົກຂະໜາດໃຫຍ່, ເກີດເປັນກະຈຸກທີ່ບໍລິເວນຍອດຂອງລຳຕົ້ນໃບຍ່ອຍມີຮູບຮ່າງຮຽວຍາວ ແລະ ແຂງ. ສະບັໂຣໄຟທີ່ຈະເລີນເຕັມທີ່ຈະສ້າງໂຄນເພດຜູ້ ແລະ ໂຄນເພດແມ່ແຍກຕົວກັນ.



ໄຊກັດສ Cycas

8. ສາຂາ ຈິນໂຄໄຟຕາ (Division Ginkophyta)

ປັດຈຸບັນມີພຽງຊະນິດດຽວ ເປັນພືດທີ່ຢູ່ໃນເຂດອົບອຸ່ນ ເຊັ່ນ ໃນປະເທດຈີນ, ເປັນໄມ້ປະເພດຍືນຕົ້ນຂະໜາດສູງໃຫຍ່ແຕ່ກາງກ້ານເປັນຈຳນວນຫຼາຍ, ມີໃບຄ້າຍຄືໃບພັດ, ມີເພດຜູ້ ແລະ ເພດແມ່ແຍກຕົ້ນກັນ.



ກິງໂກ້ ໄບໂລບາ Ginkgo Biloba

9. ສາຂາ ແອນໂທໄຟຕາ (Divisoin Anthophyta)

ໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 2 ເລົ່າຄື : ພືດໃບລ້ຽງຄູ່ ແລະ ພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວ.

• ພືດໃບລ້ຽງຄູ່.

ພືດໃບລ້ຽງຄູ່ມີຈຳນວນລວມກັນປະມານ 170. 000 ຊະນິດ ເປັນພືດທີ່ງອກມາຈາກເມັດ ທີ່ມີໃບລ້ຽງສອງໃບ ສ່ວນຫຼາຍມີເນື້ອໄມ້ແຂງ, ເມັດທີ່ນໍ້າທໍ່ອາຫານມີການລຽງຕົວກັນເປັນວົງເສັ້ນ ໃບມີລັກສະນະເປັນດາງແຫ ແລະ ຂອບໃບຫຍັກ ຫຼື ບໍ່ລຽບ ສ່ວນຂອງດອກຈະເປັນ 4- 5 ຫຼື ຜົນຄູນຂອງ 4 – 5 ພືດໃບລ້ຽງຄູ່ ມີການແຜ່ກະຈາຍຢູ່ທຸກຫົນທຸກແຫ່ງຂອງໂລກ, ບາງຊະນິດເປັນພືດເສດຖະກິດ ເນື້ອໄມ້ນໍາມາໃຊ້ໃນກາກໍ່ສ້າງ, ບາງຊະນິດພືດເປັນຢາສະໝຸນໄຟຮັກສາໂຮກ, ເມື່ອຢູ່ລວມກັນເປັນປ່າໃຫ້ຄວາມຊຸ່ມຊື່ນ ແລະ ເປັນແຫຼ່ງນໍ້າລໍາທານທີ່ສໍາຄັນ, ພືດໃບລ້ຽງຄູ່ ຈຳແນກອອກເປັນຕະກຸນຕ່າງໆຫຼວງຫຼາຍເຊັ່ນ: ຕະກຸນທີ່ສໍາຄັນ ແລະ ພົບເຫັນເລື້ອຍໆເຊັ່ນ: ຕົ້ນໝາກມ່ວງ, ໝາກໝ້ໝ, ໝາກຈອງ, ກົກຂາມ, ກົກສີດາ.

ພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວ.

ພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວມີຈຳນວນປະມານ 75.000 ຊະນິດ, ມີໂຄງສ້າງທີ່ບໍ່ຄ່ອຍສະຫຼັບຊັບຊ້ອນເໝືອນດັ່ງພືດໃບລ້ຽງຄູ່, ສ່ວນຫຼາຍເປັນໄມ້ເນື້ອອ່ອນມັດທີ່ນໍ້າ, ທໍ່ອາຫານລໍາລຽງຕົວກັນກະຈາຍການລຽງຕົວຂອງເສັ້ນໃບເປັນແບບຂະໜານ, ຂອບໃບມັກຈະລຽບບໍ່ເປັນຫຍັກ ສ່ວນຂອງດອກຈະເປັນ 3 ຫຼື ຜົນຄູນຂອງ 3 ແລະ ໃບລ້ຽງດ່ຽວບາງຕະກຸນຂອງພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວເປັນພືດທີ່ສໍາຄັນເພາະມະນຸດໃຊ້ເປັນອາຫານຫຼັກທີ່ສໍາຄັນເຊັ່ນ: ເຂົ້າຈ້າວ, ເຂົ້າໜົມ, ສາລີ.

ກາຍະວິພາກສະລິລະສາດພືດເປັນການສຶກສາກ່ຽວກັບກົນໄກໜ້າທີ່ການເຮັດວຽກຂອງພືດຊະນິດຕ່າງໆ ແລະ ຂະບວນການທີ່ກ່ຽວຂ້ອງເຊັ່ນ: ການສັງເຄາະແສງ, ການຄາຍນໍ້າ, ການລໍາລຽງນໍ້າຂອງພືດ, ການຫາຍໃຈ, ການເຕີບໃຫຍ່ ແລະ ຮໍໂມນພືດ.

ບົດທີ 1

ການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ (Photosynthetic)

I. ຄວາມໝາຍຂອງການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ

ການສັງເຄາະແສງເປັນຂະບວນການທີ່ສິ່ງມີຊີວິດພວກໄຟໂຕອ໌ໂຕໂຫຼບນຳພະລັງງານແສງອາທິດມາໃຊ້ໃນການສ້າງສານອິນຊີຕີຄາໂບໄຮເດຼດໄດ້ແກ່ ນຳຕາມຄລູໂຄສ ($C_6H_{12}O_6$) ຈາກສານອະນິນຊີຕີ: ຄາບອນໄດອອກໄຊ (CO_2) ແລະ ນ້ຳ (H_2O), ດັ່ງນັ້ນພະລັງງານແສງຈຶ່ງຖືກປ່ຽນແປງຮູບເປັນພະລັງງານເຄມີໃນໂມເລກຸນຂອງຄາໂບໄຮເດຼດ. ການສັງເຄາະແສງຂອງສິ່ງມີຊີວິດພວກໄຟໂຕອ໌ໂຕໂຫຼບທັງໝົດໃນລະບົບນິເວດທຸກແຫ່ງລວມທັງໃນແຫຼ່ງນ້ຳແລະ ມະຫາສະໝຸດຜະລິດມວນຊື່ວະພາບໃນອັດຕາປະມານ 170,000 ລ້ານຕັນຕໍ່ປີ ເຊິ່ງມວນຊື່ວະພາບເຫຼົ່ານີ້ເປັນອາຫານສຳລັບສິ່ງມີຊີວິດພວກເຮົາໂຮໂຫຼບທີ່ບໍ່ສາມາດສ້າງອາຫານເອງໄດ້ລວມທັງມະນຸດ, ນອກຈາກໃຊ້ເປັນອາຫານແລ້ວມະນຸດຍັງໃຊ້ປະໂຫຍດຈາກພືດໃນດ້ານ ອື່ນໆອີກຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ. ຜົນຜະລິດຂ້າງຄູຂອງການສັງເຄາະແສງຄືກາສອອກຊີເຈນ (O_2) ທີ່ປົດປ່ອຍອອກສູ່ບັນຍາກາດ ເຊິ່ງຈຳເປັນຕໍ່ສິ່ງມີຊີວິດເກືອບທຸກຊະນິດ ເຊິ່ງຈາກການຄຳນວນພົບວ່າຖ້າປາສະຈາກຂະບວນການສັງເຄາະແສງກາສອອກຊີເຈນໃນບັນຍາກາດເຊິ່ງປະຈຸບັນມີສູງເຖິງ 21 % ຈະຖືກໃຊ້ໝົດໄປພາຍໃນ 2,000 ປີ, ດັ່ງນັ້ນຂະບວນການສັງເຄາະແສງນອກຈາກສ້າງອາຫານແລ້ວຍັງຊ່ວຍຮັກສາສີມຸມຂອງກາສອອກຊີເຈນໃຫ້ມີປະລິມານຄົງທີ່ປະມານ 21% ແລະ ຮັກສາລະດັບຄາບອນໄດອອກໄຊດ໌ໃນບັນຍາກາດບໍ່ໃຫ້ສູງຂຶ້ນຈົນເປັນອັນຕະລາຍຕໍ່ສັດ ແລະ ມະນຸດ. ນອກຈາກນີ້ມວນຊື່ວະພາບທີ່ເປັນຜົນຜະລິດຈາກການສັງເຄາະແສງຂອງພືດເມື່ອຫຼາຍຮ້ອຍລ້ານປີມາແລ້ວເຊິ່ງທັບຖືມຢູ່ໃນໃຕ້ເປືອກໂລກ ປະຈຸບັນໄດ້ກາຍເປັນຖ່ານຫີນ ແລະ ນຳມັນເຊື້ອໄຟເຊິ່ງມະນຸດໃຊ້ປະໂຫຍດໄດ້ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ. ປະຕິກິລິຍາຂອງການສັງເຄາະແສງຂອງພືດສາມາດຂຽນເປັນສົມຜົນລວມດັ່ງລຸ່ມນີ້:



II. ອົງປະກອບທີ່ໃຊ້ໃນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ

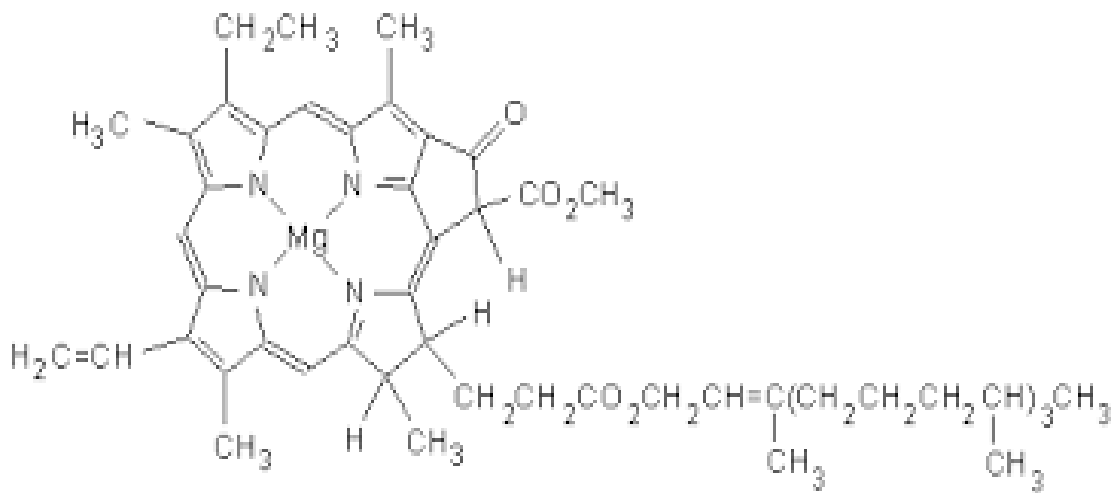
1. Photosynthetic pigment

ເມື່ອແສງກະທົບວັກຖູແສງອາດສະທ້ອນອອກ, ຜ່ານທະລູ ຫຼື ຖືກດູດກົນ ເຊິ່ງໂມເລກຸນທີ່ດູດກົນພະລັງງານແສງເອີ້ນວ່າ ວັດຖຸຮັບແສງ ຫຼື ເມັດສີ (pigment), ເມັດສີຕ່າງໆຈະດູດຄື້ນແສງທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນແຕກຕ່າງກັນອອກໄປ, ການທີ່ເຮົາເບິ່ງເມັດສີເປັນສີຕ່າງໆຂຶ້ນຢູ່ກັບຄວາມຍາວຄື້ນແສງທີ່ເມັດສີນັ້ນປ່ອຍໃຫ້ຜ່ານ ຫຼື ສະທ້ອນອອກມາ ແລະ ການທີ່ເຮົາເບິ່ງເຫັນໃບໄມ້ເປັນສີຂຽວເພາະມີເມັດສີຄ໌ໂຣຟິລເຊິ່ງດູດຄື້ນແສງສີຟ້າ ແລະ ແສງສີແດງໄວ້ຫຼາຍທີ່ສຸດ ແລະ ປ່ອຍໃຫ້ແສງສີຂຽວຜ່ານອອກມາ. ເມັດສີທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບຂະບວນການສັງເຄາະແສງປະກອບມີ 3 ກຸ່ມຄື: Chlorophyll, Carotenoid ແລະ Phycobilin.

1.1. ຄູໂລຟິນ (Chlorophyll)

ເປັນເມັດສີຫຼັກທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນພະລັງງານແສງເພື່ອນຳໄປໃຊ້ໃນຂະບວນການສັງເຄາະແສງ, ໂມເລກຸນຂອງ Chlorophyll ປະກອບດ້ວຍ 2 ພາກສ່ວນ (ດັ່ງຮູບ 1.1) ຄື: ພາກສ່ວນຫົວ ເອີ້ນວ່າ ພໍຟິຣິນ (Porphyrin) ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍ Pyrrole ring 4 ວົງ ເຊື່ອຕໍ່ດ້ນເປັນວົງມົນເຊິ່ງມີໄອອອນຂອງ Mg^{2+} ຢູ່ເຄິ່ງກາງ ແລະ ພາກສ່ວນຫາງເອີ້ນວ່າ: ຟິໂຕນ (phytol) ປະກອບດ້ວຍ $C_{20}H_{39}$. ພໍຟິຣິນເປັນສ່ວນທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນພະລັງງານແສງສາວນຟິໂຕນມີໜ້າທີ່ຢຶດໂມເລກຸນຂອງຄ໌ໂຣຟິລກັບແມມເບຼນຂອງໄທລາຄອຍ (Thylakoid).

Chlorophyll ມີ 4 ຊະນິດຄື: Chlorophyll A, B, C ແລະ D ແຕ່ Chlorophyll ທີ່ພົບໃນພືດມີພຽງ 2 ຊະນິດຄື: Chlorophyll A ແລະ Chlorophyll B

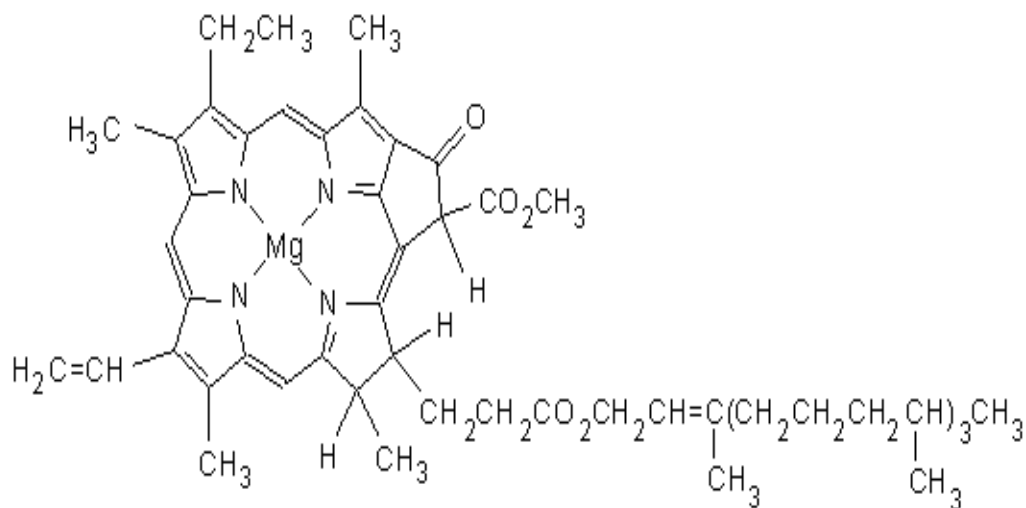


ຮູບທີ 1.1. ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງ Chlorophyll

1.1.1. ຄູໂລຟິນເອ (Chlorophyll A)

ຄູໂລຟິນເອເປັນເມັດສີຫຼັກມີໃຊ້ໃນການສັງເຄາະແສງ, ພົບໄດ້ໃນພືດທຸກຊະນິດ ລວມທັງເທົາ ແລະ ເທົາສີຂຽວແກມຟ້າ, ມີນ້ຳໜັກໂມເລກຸນ 933.5 ປະກອບດ້ວຍ 2 ພາກ ສ່ວນຄື: ພໍຟິຣິນ (Porphyrin ring) ແລະ ຟິໂຕນ (phytol chain) (ດັ່ງຮູບທີ 1.2). Porphyrin ring ມີລັກສະນະຂ້ອນຂ້າງເປັນຫຼັກມະຫາດປົມມານ $15 \text{ \AA} \times 15 \text{ \AA}$ ບໍລິເວນການມີແມກນີຊຽມເປັນອົງປະກອບ, ສຳລັບ phytol chain ເປັນໂຄງສ້າງທີ່ຕໍ່ຈາກ ring ມີຄວາມຍາວປົມມານ $20 \text{ \AA}$ ເຊິ່ງມີຄາບອນເປັນອົງປະກອບຢູ່ 20 ອາຕອມ. ຄູໂລຟິນເອທີ່ລະລາຍໃນ ether ຈະດູດແສງສີຟ້າທີ່ມີຄວາມຍາວຄືນ 430 ນາໂນແມັດ (nm) ໄດ້ດີທີ່ສຸດ, ຮອງລົງມາແມ່ນແສງສີແດງທີ່ມີຄວາມຍາວຄືນ 662 nm ແຕ່ສາມາດດູດແສງໄດ້ຊ່ວຍຄືນກ່ອນສີແດງ (615 nm) ໄດ້ໜ້ອຍໜ້າຍ. ໃນທຳມະຊາດ (ຢູ່ໃນຈຸລັງ) ຄູໂລຟິນເອສາມາດດູດຄືນແສງໄດ້ດີເຊັ່ນ: ເຮົາຈະພົບວ່າຄູໂລຟິນເອໃນຈຸລັງດູດແສງໃນຊ່ວງຄືນຕັ້ງແຕ່ 670 ເຖິງ 673 nm ໄດ້ດີທີ່ສຸດ (ໃນກໍລະນີນີ້ເຮົາເອີ້ນຄູໂລຟິນເອນັ້ນວ່າ Chl a₆₇₀ ເຊິ່ງຫຍ້າມາຈາກ Chlorophyll a₆₇₀) ຫຼື ອາດຈະເປັນຊ່ວງຄືນຕັ້ງແຕ່ 680 ເຖິງ 683 nm (ຄູໂລຟິນເອນັ້ນຊື່ວ່າ Chl a₆₈₀).

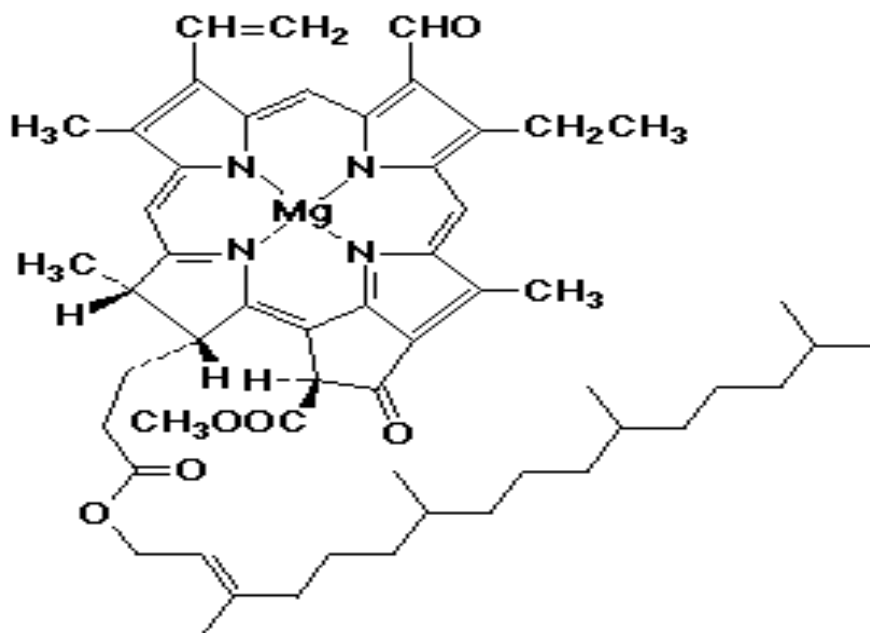
ໃນຈຸລັງຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດທີ່ສັງເຄາະແສງໄດ້ ອາດມີຄູໂລຟິນເອຊະນິດພິເສດທີ່ມີຄວາມຍາວຄືນໃກ້ 700 nm ໄດ້ດີທີ່ສຸດ (ຄູໂລຟິນເອຊະນິດພິເສດນີ້ປະກອບດ້ວຍຄູໂລຟິນເອປະມານ 450 ໂມເລກຸນ) ເຊິ່ງເຮົາເອີ້ນວ່າ P₇₀₀ (P ຫຍ້າມາຈາກ Pigment ສະນັ້ນ P₇₀₀ ກໍ່ຄືກຸ່ມຂອງຄູໂລຟິນເອທີ່ສາມາດດູດຄືນແສງທີ່ມີຄວາມຍາວຄືນ 700 ນາໂນແມັດ ໄດ້ດີນັ້ນເອງ), ສຳລັບຊ່ວງຄວາມຍາວຄືນແສງສີຟ້າຄູໂລຟິນເອໃນຈຸລັງຈະດູດແສງທີ່ມີຄືນແສງ 435 ນາໂນແມັດ ໄດ້ດີທີ່ສຸດ, ຈະເຫັນໄດ້ວ່າຄູໂລຟິນເອຈະດູດແສງສີແດງ ແລະ ແສງສີຟ້າໃນຄືນຍາວກວ່າຄູໂລຟິນເອທີ່ລະລາຍໃນເອເທີ ເຫດຜົນທີ່ເປັນແນວນັ້ນກໍ່ເພາະວ່າຄູໂລຟິນເອໃນຈຸລັງມີໂປຼຕິນ ແລະ ໄຂມັນອ້ອມຮອບຢູ່ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ການດູດແສງປ່ຽນໄປ.



ຮູບທີ 1.2. ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງ Chlorophyll A

1.1.2. ຄູໂລຟິນບີ (Chlorophyll B)

ຄູໂລຟິນບີສາມາດພົບໄດ້ໃນພືດຂຶ້ນສູງທຸກຊະນິດ ແລະ ເທົາສີຂຽວ, ມີໂຄງສ້າງໂມເລກຸນຄ້າຍຄືກັບ ຄູໂລຟິນເອີປະກອບດ້ວຍ porphyrin ring (4 porphyrin ring) ແລະ phytol chain (ດັ່ງຮູບທີ 1.3), ແຕ່ກໍ່ມີຕວາມແຕກຕ່າງຈາກຄູໂລຟິນເອີ ໝູ່ $-CH_3$ ໃນ pyrrole 2 (ຄຳຮູບອນຕຳແໜ່ງທີ3) ຂອງຄູໂລຟິນເອີຖືກແທນດ້ວຍໝູ່ $-CHO$ ໃນຄູໂລຟິນບີ. ຄູໂລຟິນບີລະລາຍໄດ້ດີທີ່ສຸດໃນ methyl alcohol ແລະ ຄູໂລຟິນບີລະລາຍໃນ ether ຈະດູດຄື້ນແສງທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນ 430 ນາໂນແມັດ ໄດ້ດີທີ່ສຸດ ຮອງລົງມາແມ່ນແສງທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນ 664 ນາໂນແມັດ, ສຳລັບໃນທຳມະຊາດຄູໂລຟິນບີສາມາດດູດຄື້ນແສງໄດ້ດີລາຍຄວາມຍາວຄື້ນຄື: 480 nm, 640 nm ແລະ 650 nm



ຮູບທີ 1.3: ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງ ຄູໂລຟິນບີ Chlorophyll B

1.2. ຄາໂລຕິນອຍ (Carotenoid)

ເປັນ pigments ທີ່ພົບໄດ້ຫຼາຍໃນແພຈຸລັງພືດທີ່ມີສີເຫຼືອງ, ສີແດງ ແລະ ສີແດງເຊັ່ນ: ໝາກອຶ, ໝາກຮຸ່ງ, ແຄຣອດ ເປັນຕົ້ນ. ນອກນັ້ນຍັງພົບໄດ້ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍໃນໃບພືດເຊັ່ນດຽວກັນ. Carotenoid ຈະຢູ່ລວກກັບຄໍໂຣຟິນໃນບໍລິເວນ Thylachiod membrand

Carotenoid ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນແສງສີຟ້າທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນ 400-500 nm ແລ້ວຖ່າຍທອດພະລັງງານຕໍ່ໄປໃຫ້ຄໍໂຣຟິນ, ເຮັດໜ້າທີ່ປ້ອງກັນຄໍໂຣຟິນ ແລະ ອົງປະກອບອື່ນໆພາຍໃນ membrand ຂອງ Thylachiod ບໍ່ໃຫ້ຖືກທຳລາຍຈາກອາຕອມຂອງອົກຊີແຊນທີ່ເປັນອະນຸມູນອິດສະຫຼະ

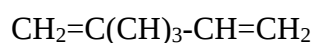
Carotenoid ແບ່ງອອກເປັນ 2 ປະເພດຄື: Carotenes ແລະ Xanthophylls



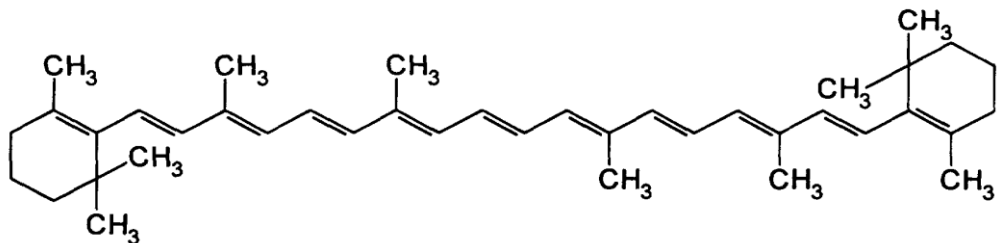
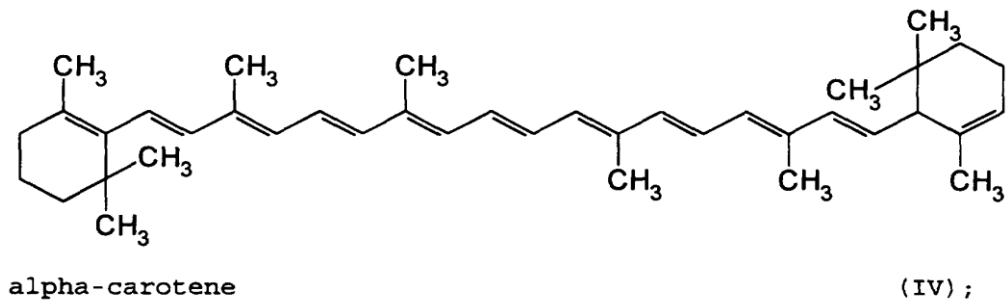
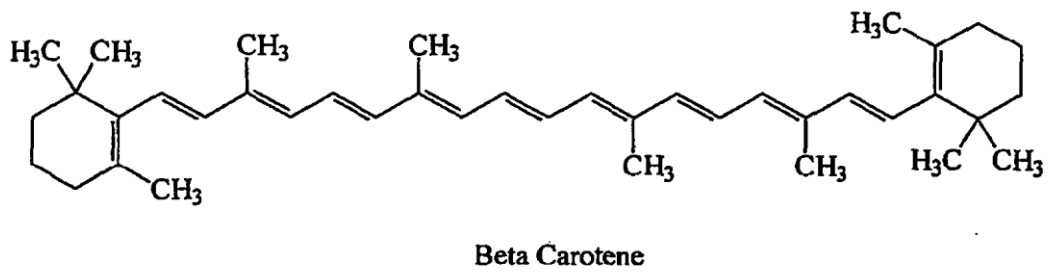
ຮູບທີ 1.4. ສະແດງແຫຼ່ງທີ່ພົບຄາໂລຕິນອຍ (Carotenoid)

1.2.1. ຄາໂລຕິນອຍ (Carotenes)

ເປັນສານໄຮໂດຄາຣ໌ບອນທີ່ມີຈຳນວນຄາຣ໌ບອນ 40 ອາຕອມເປັນອົງປະກອບ, ໂຄງສ້າງຂອງໂມເລກູນຈະຕໍ່ເປັນ chain ຍາວ ແລະ ມີ double bond ຫຼາຍຄູ່ ຫຼື ຢູ່ປາຍ chain ອາດມີ ring ກໍ່ໄດ້ (ດັ່ງຮູບ 1.5). ສານແຄໂຣທິນເກີດຈາກ geranyl-geranyl pyrophosphate 2 ໂມເລກູນຕິດຕໍ່ກັນ ໂດຍທີ່ທາງໂມເລກູນທັງສອງສ້າງ double bond ຂຶ້ນຕໍ່ເຊື່ອມເປັນໂມເລກູນເຊັ່ນກັນ, geranyl-geranyl pyrophosphate ແຕ່ລະໂມເລກູນປະກອບດ້ວຍ isoprene 4 ໂມເລກູນ (isoprene ມີ 5 ອາຕອມຄາບອນເປັນອົງປະກອບ ແລະ ມີ double bond 2 ຄູ່ເຊິ່ງຂຽນສຸດໄດ້ດັ່ງລຸ່ມນີ້:



ຫຼັງຈາກ geranyl-geranyl pyrophosphate ຕໍ່ກັນແລ້ວຈະມີການດຶງໄຮໂດເຈນອອກ 5 ຄູ່ ແລະ ສຸດທ້າຍຈະໄດ້ສານແຄໂຣທິນຕົວທຳອິດຄື Lycopene ສານນີ້ມີສີແດງ. ຈາກນັ້ນຈະມີການສ້າງ ring ຂຶ້ນທີ່ປາຍຂອງໂມເລກູນ Lycopene 1 ຫຼື 2 ຈົນກະທັ້ງໄດ້ສານແຄໂຣທິນອີກຊະນິດອື່ນໆເຊັ່ນ: ເບຕາ-ແຄໂຣທິນ, ກາມາ-ແຄໂຣທິນ ແລະ ອານຟາ-ແຄໂຣທິນ. ແຄໂຣທິນທີ່ພົບໃນພືດໃນປະລິມານຫຼາຍທີ່ສຸດໄດ້ແກ່ ເບຕາ-ແຄໂຣທິນ ແລະ ມັກຈະພົບ ອານຟາ-ແຄໂຣທິນປະສົມຢູ່ນຳໃນປະລິມານ 0,1 ເຖິງ 3,5% .



ຮູບທີ 1.5: ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງ ຄາໂລຕິນອຍ Carotenes ຊະນິດຕ່າງໆ

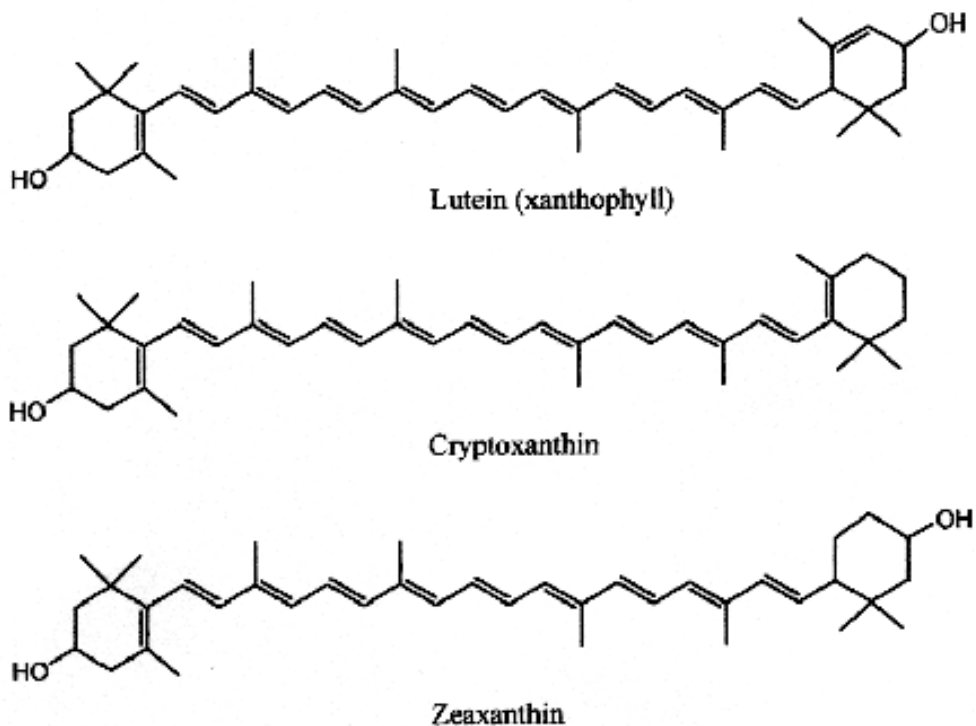
1.2.2. ແຊນໂທຟິລລ໌ (Xanthophylls)

ເປັນສານທີ່ເກີດຈາກການອັອກຊິໄດສສານແຄໂຣທິນ ແລະ ເປັນສານທີ່ມີອົກຊີແຊນເປັນອົງປະກອບຢູ່ນຳສະເໝີ, ໂຄງສ້າງຂອງແຊນໂທຟິລອາດຈະປະກອບດ້ວຍ hydroxyl group, keto group, epoxy group ຫຼື methyl group, ອາດຈະມີ ring ຫຼື ເປັນ chain ກໍ່ໄດ້ (ດັ່ງຮູບ 1.6). ແຊນໂທຟິລທີ່ພົບໃນພືດຂັ້ນສູງມີຫຼາຍຊະນິດເຊັ່ນ: lutein, violaxanthin, neoxanthin, cryptoxanthin ແລະ zeaxanthin, ສຳລັບສາຫຼ່າຍສີນ້ຳຕານຈະມີແຊນໂທຟິລຊະນິດພິເສດເອີ້ນວ່າ: ຟັກໂຮຊານທິນ(fucoxanthin). ແຊນໂທຟິລໃນພືດຂັ້ນສູງ ແລະ ສາຫຼ່າຍສີຂຽວໃນປະລິມານຫຼາຍທີ່ສຸດໄດ້ແກ່ lutein. ໃນສານຈຳພວກແຄໂຣທິນດ້ວຍກັນໃນພືດທີ່ມີສີຂຽວຈະມີແຊນໂທຟິນຫຼາຍເປັນ 2 ເທົ່າຂອງແຄໂຣທິນ ແລະ ສານຈຳພວກແຊນໂທຟິລທີ່ພົບໃນພືດມີປະລິມານແຕກຕ່າງກັນດັ່ງຕາຕະລາງລຸ່ມນີ້:

ຕາຕະລາງ 1.1. ສະແດງປະລິມານສານຈຳພວກແຊນໂທຟິລໃນໃບພືດສີຂຽວ

ຟັກເມັນ (Pigments)	ຈຳນວນສຳພັນທັງໝົດ Relative amount of total
-----------------------	--

Lutein	40
Violaxanthin	34
Neoxantin	19
Cryptoxanthin	4
Zeaxanthin	2



ຮູບ 1.6: ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງຊານໂທຟິນ(Xanthophylls)

ສານແຄໂຣຕິນອຍທີ່ພົບໃນຄໍໂຣພລາສ ແລະ chromatophore ຈະຢູ່ໃນຮູບຂອງສານທີ່ເກາະຕິດຢູ່ກັບໂປຼຕິນ, ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງບໍ່ສະລາຍໃນນໍ້າ Goodwin (1960) ໄດ້ໃຫ້ຄວາມເຫັນວ່າ ແຄໂຣຕິນອຍ ແລະ ຄໍໂຣຟິນອາດຕິດກັບໂປຼຕິນໂມເລກຸນດຽວກັນ ສານປະກອບດັ່ງກ່າວເອີ້ນວ່າ photosynthin ເຊິ່ງເປັນສານປະກອບທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ໃນຂະບວນການສັງເຄາະແສງ.

ໜ້າທີ່ສໍາຄັນຂອງແຄໂຣຕິນອຍ ທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການສັງເຄາະແສງມີ 2 ປະການຄື: ຮັບພະລັງງານແສງສະຫວ່າງ ແລະ ສົ່ງຕໍ່ໃຫ້ຄໍໂຣຟິລເອ ແລະ ປ້ອງກັນບໍ່ໃຫ້ຄໍໂຣຟິລຖືກອອກຊີໄດໃນສະພາບທີ່ມີແສງ ແລະ ອອກຊີເຈນ (ການອອກຊີໄດໃນສະພາບທີ່ມີແສງເອີ້ນວ່າ photooxidation)

ຄື້ນແສງທີ່ແຄໂຣຕິນອຍດູດຮັບໄດ້ແຕກຕ່າງກັບຂອງຄໍໂຣຟິລ ຕົວຢ່າງເຊັ່ນ: ເບຕາ-ແຄໂຣທິນທີ່ລະລາຍໃນ n-hexane ຈະດູດແສງທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນລະຫວ່າງ 400 ນາໂນແມັດ ເຖິງ 550 ນາໂນແມັດ ໂດຍມີ peak absorption 3 ຈຸດຄື: ທີ່ແສງມີຄວາມຍາວຄື້ນ 425 ນາໂນແມັດ, 451 ນາໂນແມັດ ແລະ 438 ນາໂນແມັດ (ຄື້ນແສງທີ່ເບຕາ-ແຄໂຣທິນໃນ n-hexane ດູດໄດ້ດີທີ່ສຸດໄດ້ແກ່ 451 ນາໂນແມັດ). ສາລັບ lutein ເຊິ່ງເປັນແຄໂຣຕິນອຍທີ່ສໍາຄັນອີກຊະນິດໜຶ່ງ ເມື່ອລະລາຍໃນເອທິລແອລກໍຮອລ ຈະດູດແສງທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນປະມານ 400 ເຖິງ 550 ນາໂນແມັດ ເຊິ່ງໃກ້ຄຽງກັບເບຕາ-ແຄໂຣທິນ ໂດຍມີ peak absorption ທີ່ແສງຄວາມຍາວຄື້ນ 420, 447

ແລະ 477 ນາໂນແມັດ (ຄື້ນແສງທີ່ lutein ດູດໄດ້ດີໄດ້ແກ່ 447 ນາໂນແມັດ. ໃນສະພາບທາມະຊາດແຄໂຣທິນອຍຈະດູດແສງທີ່ມີຄວາມຍາວກວ່າທີ່ລະລາຍຢູ່ໃນສານລະລາຍປະມານ 20-30 ນາໂນແມັດ.

ພະລັງງານແສງທີ່ແຄໂຣທິນອຍດູດໄວ້ຈະຖືກຖ່າຍທອດໃຫ້ກັບຄໍໂຣຟິລເອ ແລະ ນຳໄປໃຊ້ສັງເຄາະແສງຕໍ່ໄປ ແລະ ມີຫຼັກຖານຢືນຢັນວ່າການເຮືອງແສງຂອງຄໍໂຣຟິລກໍ່ເກີດຈາກການທີ່ແຄໂຣທິນອຍຮັບພະລັງ ງານແສງແລ້ວສົ່ງຖ່າຍພະລັງງານໃຫ້ກັບຄໍໂຣຟິລ.

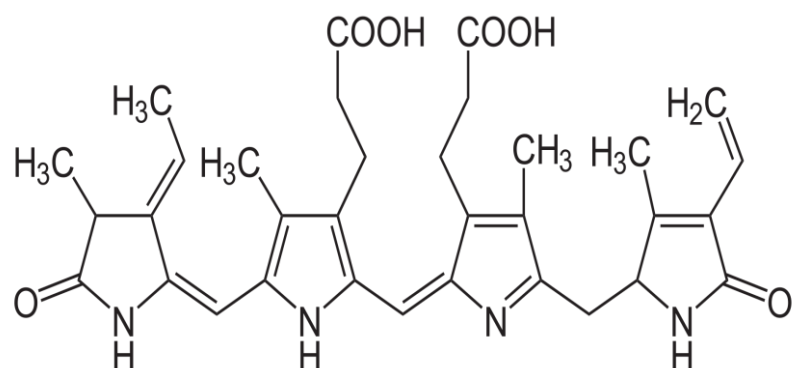
ໜ້າທີ່ສຳຄັນອີກຢ່າງໜຶ່ງຂອງແຄໂຣທິນອຍຄືປ້ອງກັນບໍ່ໃຫ້ຄໍໂຣຟິລຖືກທຳອອກຊີໄດສ໌ໃນສະພາບທີ່ມີແສງ, ພະລັງງານຈາກແສງທີ່ຄໍໂຣຟິລດູດໄວ້ເຮັດໃຫ້ກຳສອກຊີເຈນທາປະຕິກິລິຍາກັບສານຕ່າງໆໄດ້ດີຂຶ້ນເຊິ່ງລວມທັງຄໍໂຣຟິລດ້ວຍ ໃນສະພາບດັ່ງກ່າວນີ້ຄໍໂຣຟິລຈະຖືກອອກຊີໄດສ໌ຈົນໝົດສະພາບ ແຕ່ຖ້າມີແຄໂຣທິນອຍຢູ່ຈະປ້ອງກັນບໍ່ໃຫ້ເກີດອອກຊີໄດສ໌ຄໍໂຣຟິລ ຕົວຢ່າງແບັກທີເຣຍພວກ chlamydomonas ຊະນິດທີ່ບໍ່ມີສານແຄໂຣທິນຈະພົບວ່າມີສີຂາວຊືດເພາະຂາດຄໍໂຣຟິລ ເນື່ອງຈາກຖືກທຳລາຍໂດຍຂະບວນການໄຟໂຕອອກຊີເດຊັນ, ອີກຕົວຢ່າງໜຶ່ງພົບວ່າແບັກທີເຣຍພວກ Rhodospseudomonas ຊະນິດທີ່ແຄໂຣທິນອຍມີການສັງເຄາະແສງໄດ້ດີໃນສະພາບທີ່ບໍ່ມີກຳສອກຊີເຈນ ແລະ ຖ້າສັງເຄາະແສງໃນບ່ອນທີ່ມີກຳສອກຊີເຈນແບັກທີເຣຍເຫຼົ່ານີ້ຈະຕາຍ ກໍລະນີດັ່ງກ່າວນີ້ຈະບໍ່ເກີດກັບແບັກທີເຣຍທີ່ມີແຄໂຣທິນອຍ, ໃນເລື່ອງນີ້ອາດອະທິບາຍໄດ້ວ່າ ໃນສະພາບທີ່ມີກຳສອກຊີເຈນແລະ ແສງຄໍໂຣຟິລໃນແບັກທີເຣຍຖືກອອກຊີໄດສ໌ການສັງເຄາະແສງຈຶ່ງບໍ່ສາມາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ ເຮັດໃຫ້ແບັກທີເຣຍຂາດສານທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການດຳລົງຊີວິດ ເຊິ່ງສຸດທ້າຍແບັກທີເຣຍກໍ່ຈະຕາຍ. Nobel (1970 ໄດ້ໃຫ້ຄວາມເຫັນວ່າ ຖ້າການສ້າງແຄໂຣທິນອຍຖືກຢັບຢັ້ງ ກຳສອກຊີເຈນຈະເປັນໂທດຕໍ່ສິ່ງມີຊີວິດທີ່ມີການສັງເຄາະແສງ (ລວມເຖິງພືດຂັ້ນສູງ-ມະນຸດ)

1.3. ໄຟໂຄບິລິນ (Phycobilin)

ພົບຫຼາຍໃນສາຫຼ່າຍສີແດງ ແລະ ສາຫຼ່າຍສີຂຽວແກມຟ້າ, ໂຄງສ້າງປະກອບດ້ວຍ pyrrole ring 4 ວົງລຽງຕໍ່ກັນເປັນເສັ້ນຊື່, ໃນສະພາບທາມະຊາດໄຟໂຄບິລິນຈະເກາະກັບສານໂປຼຕິນໂດຍມຮ covalent bond ເປັນຕົວເຊື່ອມ. ໄຟໂຄບິລິນທີ່ສຳຄັນມີ 2 ຊະນິດຄື:

1.3.1. Phycoerythrobilin ພົບໃນສາຫຼ່າຍສີແດງເປັນສ່ວນໃຫຍ່, ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນແສງສີຂຽວ ແລະ ເຫຼືອງໄດ້ດີຈາກນັ້ນຖ່າຍທອດພະລັງງານໃຫ້ຄໍໂຣຟິນເອ (ດັ່ງຮູບ 1.7)

1.3.2. Phycocyanobilin ສ່ວນໃຫຍ່ພົບໃນສາຫຼ່າຍສີຂຽວແກມຟ້າ, ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນແສງສີສົ້ມ ແລະ ສີແດງໄດ້ດີຈາກນັ້ນຖ່າຍທອດພະລັງງານໃຫ້ຄໍໂຣຟິນເອ

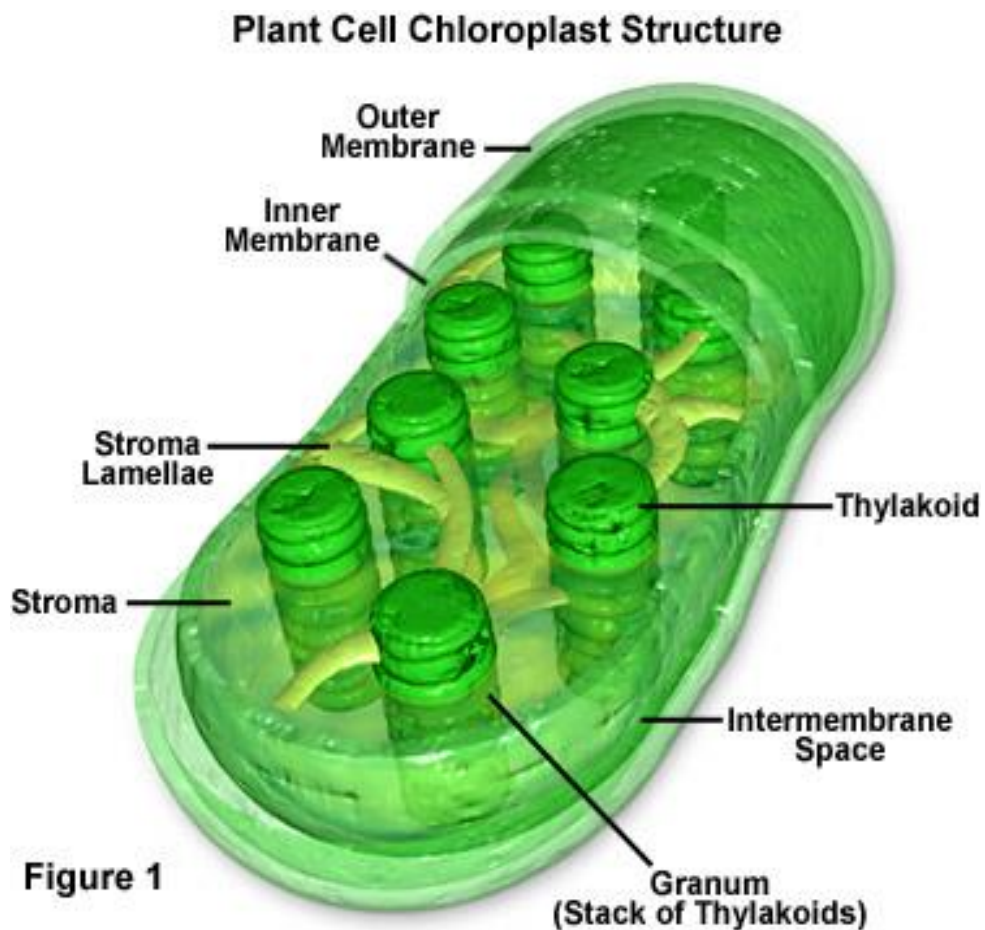


ຮູບ 1.7: ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງ Phycoerythrobilin

2. ຄໍໂຣພລາສ (Chloroplast)

ເປັນອະນຸອົງປະກອບຂອງຈຸລັງທີ່ພົບໃນທຸກສ່ວນຂອງພືດທີ່ມີສີຂຽວ ແລະ ພົບຫຼາຍທີ່ສຸດໃນຈຸລັງ ມີໂຊຟິນຂອງໃບພືດ, ມີຮູບຮ່າງ ແລະ ຂະໜາດແຕກຕ່າງກັນໄປ ເຊິ່ງຂຶ້ນຢູ່ກັບຊະນິດຂອງພືດ, ສຳລັບພືດຂຶ້ນສູງມີລັກສະນະກົມຮີຄ້າຍຄືໄຂ່ຍ່ວປະມານ 4-10 ໄມໂຄແມັດ ແຕ່ຄໍໂຣພລາສຊອງສາຫຼ່າຍອາດມີຮູບຮ່າງຕ່າງໆເຊັ່ນ: ຮູບຖ້ວຍ, ຮູບຮ່າງຄ້າວດາວ ຫຼື ເປັນແຖບຍາວ.

ຄໍໂຣພລາສ ມີໂຄງສ້າງທີ່ປະກອບດ້ວຍ: ແມມເບນທີ່ຫຸ້ມ 2 ຊັ້ນ, ພາຍໃນມີຂອງແຫຼວເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ເອີ້ນວ່າ ສະໂຕຣມາ (Stroma) ແລະ ມີລະບົບແມມເບນທີ່ສັບຊ້ອນເອີ້ນວ່າ ໄທລາຄອຍແມມເບນ (thylakoid membrane) ເຊິ່ງລຽງຊ້ອນກັນ ແລະ ບາງສ່ວນເຊື່ອມຕິດກັນເຮັດໃຫ້ເກີດທີ່ຊ່ອງທີ່ມີຂອງແຫຼວຢູ່ພາຍໃນເອີ້ນວ່າ ຊ່ອງໄທລາຄອຍ (Thylakoid space ຫຼື Lumen) ດັ່ງນັ້ນຂອງແຫຼວໃນຄໍໂຣພລາສ ຈຶ່ງຖືກແບ່ງອອກເປັນສອງສ່ວນ ໂດຍມີໄທລາຄອຍແມມເບນຂຶ້ນ ຄື: ສະໂຕຣມາກັບຊ່ອງໄທລາຄອຍ, ບໍລິເວນທີ່ໄທລາຄອຍຊ້ອນກັນຫຼາຍໆຊັ້ນເອີ້ນວ່າ ກູານາ (granum). ໄທລາຄອຍແມມເບນເປັນບໍລິເວນທີ່ມີເມັດສີ ແລະ ອົງປະກອບຂອງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນຢູ່ ຈຶ່ງເປັນທີ່ເກີດປະຕິກິລິຍາແສງ, ສ່ວນສະໂຕຣມາເປັນບໍລິເວນທີ່ມີເອັນໄຊມຂອງວົງຈອນແກນວິນແຂນລອຍຢູ່ຈຶ່ງເປັນທີ່ເກີດປະຕິກິລິຍາບໍ່ໃຊ້ແສງ ຫຼື ຕົງຄາຣບອນໄດອອກໄຊດໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານ (ດັ່ງຮູບ 1.8)

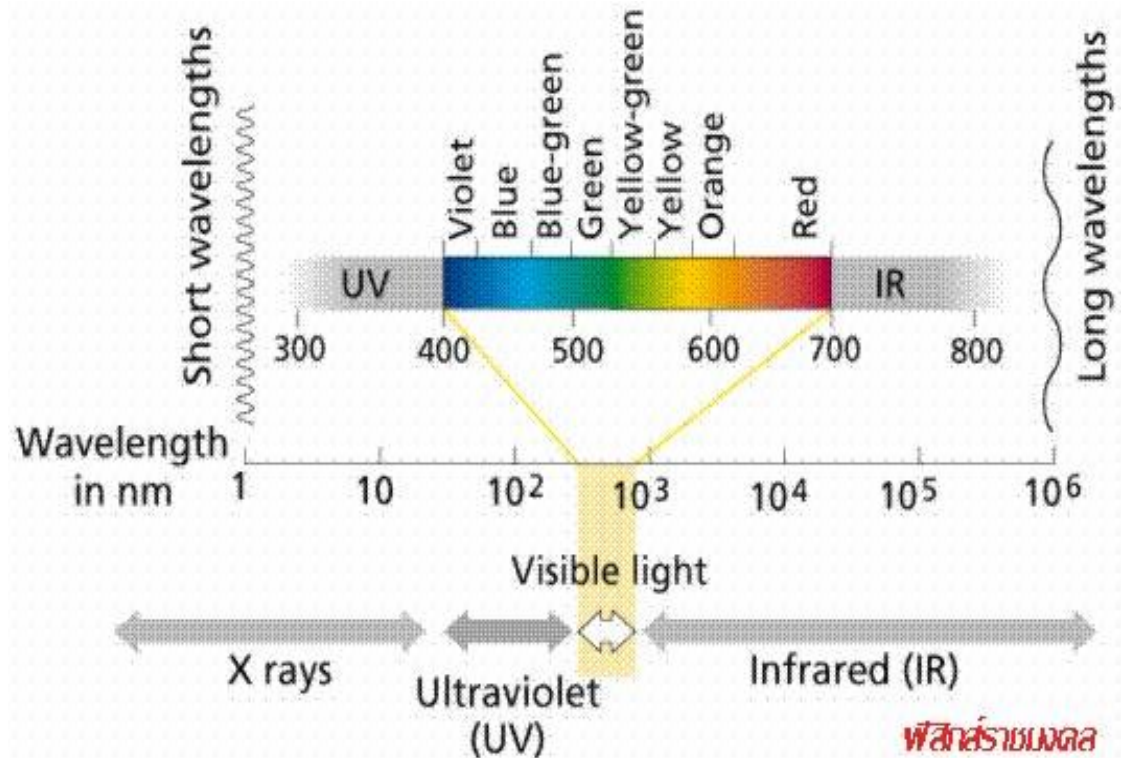


ຮູບທີ 1.8: ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງ Chloroplast

3. ພະລັງງານຈາກແສງຕາເວັນ

3.1. ຄຸນສົມບັດຂອງແສງ

ພະລັງງານຂອງດວງຕາເວັນເກີດຈາກປະຕິກິລິຍານິວເຄລຍ ຂອງການປ່ຽນໄດຼເຈນອາຕອມເປັນຮີລຽມອາຕອມ, ໃນແຕ່ລະວິນາທີດວງຕາເວັນຈະສົ່ງພະລັງງານໄປສູ່ອາວະກາດປະມານ 1 ລ້ານເທົ່າຂອງພະລັງງານທີ່ເກີດຈາກຖ່ານຫີນ, ກິາສທຳມະຊາດ ແລະ ນ້ຳມັນທີ່ມະນຸດຊຸດຂຶ້ນມາໃຊ້, ແຕ່ພະລັງງານທີ່ໂລກໄດ້ຮັບແມ່ນມີປະລິມານນ້ອຍຫຼາຍເມື່ອທຽບກັບປະລິມານທີ່ດວງຕາເວັນສົ່ງອອກມາ, ພະລັງງານທີ່ດວງຕາ ເວັນສົ່ງອອກມາຢູ່ໃນຮູບຂອງລັງສີແມ່ເຫຼັກໄຟຟ້າ ເຊິ່ງມີຄວາມຍາວຄື້ນຕ່າງໆດັ່ງຕໍ່ໄປ 10⁻¹¹ ເຖິງ 10¹⁵ cm ແລະ ມີຊື່ເອີ້ນວ່າ: cosmic rays, gamma rays, x-rays, visible, infrared, micro-wave, short-wave, meduim wvae ແ ລ ະ lone wave, ໃນນັ້ນລັງສີທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນຕ່ຳສຸດແລະພະລັງງານສູງສຸດຄື cosmic rays ແລະ ລັງສີທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນສູງສຸດແລະພະລັງງານຕ່ຳຄື້ນວິທະຍຸ



ຮູບ 1.9: Spectrum ຄື້ນແມ່ເຫຼັກໄຟຟ້າທີ່ແຜ່ລັງສີຈາກດວງອາທິດ

ລັງສີຈາກດວງອາທິດທີ່ສ່ອງຜ່ານມາເຖິງໂລກມີຊ່ວງຄື້ນສັ້ນຫຼາຍຄື້ຕັ້ງແຕ່ປະມານ 290 – 5,000 nm, ລັງສີດັ່ງກ່າວແບ່ງອອກເປັນ 3 ປະເພດຄື:

3.2. ແສງ (visible light) ເປັນພະລັງງານທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນຕັ້ງແຕ່ 380-750 nm ເປັນລັງສີທີ່ມະນຸດສາມາດເບິ່ງເຫັນ ເຊິ່ງປະກອບມີ 7 ສີຄື: ສີມ້ວງ, ຄາມ, ຟ້າ, ຂຽວ, ເຫຼືອງ, ສີ້ມ ແລະ ແດງ.

3.3. Ultraviolet ເປັນລັງສີທີ່ຕາບໍ່ສາມາດເບິ່ງເຫັນ, ມີຄວາມຍາວຄື້ນສັ້ນກວ່າແສງຄືລັງສີ ຄື 390 ລົງມາຈົນເຖິງ 10 nm ແລະ ເປັນລັງສີທີ່ພຶດຕິໄຊໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕ.

3.4. infrared ລັງສີທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນຫຼາຍກວ່າແສງທີ່ຕາເບິ່ງເຫັນ, ມະນຸດເຮົາສາມາດສຳຜັດກັບລັງສີນີ້ໄດ້ຈາກພະລັງງານຄວາມນ້ອນທີ່ເກີດຈາກລັງສີ, ເຊິ່ງຫາລັງສີມີຄວາມຍາວຄື້ນຫຼາຍຄວາມຮ້ອນກໍ່ເກີດຂຶ້ນຫຼາຍ, ລັງສີອິນຟາເຣດທີ່ສ່ອງມາເຖິງໂລກຈະມີຄວາມຍາວຄື້ນບໍ່ເກີນ 3,000 nm ເອີ້ນວ່າ near infrared, ສຳລັງອິນຟາເຣດທີ່ມີຄວາມຍາວຄື້ນຫຼາຍກວ່າ 3,000 nm ເອີ້ນວ່າ far infraret ຈະສະທ້ອງກັບສູ່ອາວະກາດໝົດ. Near infrared ຈະມີປະໂຫຍດຕໍ່ພຶດໃນບາງກໍລະນີເຊັ່ນ: ກ່ຽວກັບການເຮັດວຽກຂອງຮໍໂມນໃນການງອກຂອງ

ເມັດ ແລະ ມີອິດທິພົນຕໍ່ການອອກດອກຂອງພືດບາງຊະນິດ, ສ່ວນ far infrared ຈະກ່ຽວກັບການໃຫ້ຄວາມຮ້ອນ (ອົບອຸ່ນ) ແກ່ຊີວິດ

ຊ່ວງຄວາມຍາວຄື້ນຂອງແສງທີ່ມີປະໂຫຍດຕໍ່ການສັງເກດແສງ (photosynthetically active radiation, PAR) ຄືມີຄວາມຍາວຄື້ນຕັ້ງແຕ່ 400-700 nm. ແສງນອກຈາກຈະມີຄຸນສົມບັດເປັນຄື້ນຍັງມີພຶດຕິກຳປຽບດັ່ງປະກອບດ້ວຍອະນຸພາກຂອງພະລັງທີ່ເອີ້ນວ່າ Photon, ໂດຍພະລັງງານຂອງໂຟຕອນຂອງແສງຈະແປຜິກຜັນກັບຄວາມຍາວຄື້ນ (ດັ່ງຕາຕະລາງ 1.1)

ຕາຕະລາງ 1.1. ສະແດງຄວາມຍາວຄື້ນ ແລະ ພະລັງງານຂອງ ultraviolet ແລະ light (1 mol photon = $6,023 \times 10^{23}$)

ລັງສີ	ຄວາມຍາວຄື້ນ (nm)	ພະລັງງານສະເລ່ຍ (KJ mol ⁻¹ photons)
Ultraviolet	100-400	
UV-C	100-280	471
UV-B	280-320	399
UB-A	320-400	332
Visible light	400-700	
Violet	400-425	290
Blue	425-490	274
Green	490-550	230
Yellow	550-585	212
Orange	585-640	196
Rad	640-700	181
Far-red	700-740	166
Infra-red	>740	85

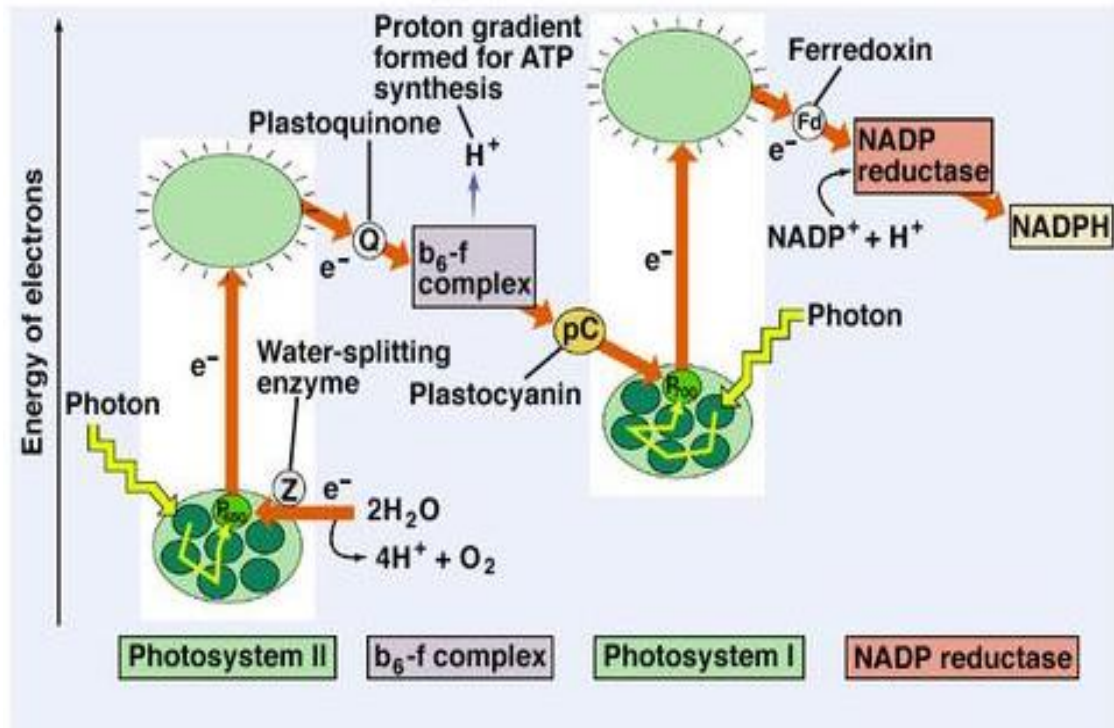
2.2. ລະບົບແສງ (Photosystems)

ຄໍໂຣຟິນເອ, ບີ ແລະ ແຄໂຣຕິນອຍດ໌ ຈະຢູ່ຮ່ວມເປັນກຸ່ມແລະຈັບຕົວຢູ່ກັບໂປຼຕິນພາຍໃນໂຄງສ້າງທີ່ເອີ້ນວ່າ: ລະບົບແສງ, ໃນພືດຂຶ້ນສູງມີລະບົບແສງ 2 ປະເພດຄື: Photosystems I ແລະ Photosystems II ເຊິ່ງທັງສອງມີ Pigment ປະມານ 200-300 ໂມເລກຸນ, ໃນ chloroplast ແຕ່ລະອັນມີລະບົບແສງຢ່າງຫຼວງຫຼາຍໃນ thylaciod membrand. ລະບົບແສງປະກອບມີ 2 ພາກສ່ວນຄື:

2.2.1. ພາກສ່ວນທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ຮັບແສງ (light harvestin complex, LHC) ເຊິ່ງສ່ວນໃຫຍ່ປະກອບດ້ວຍ pigment ທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນແສງ

2.2.2. ພາກສ່ວນແກ່ນກາງ (core complex)

Photosystems I and II



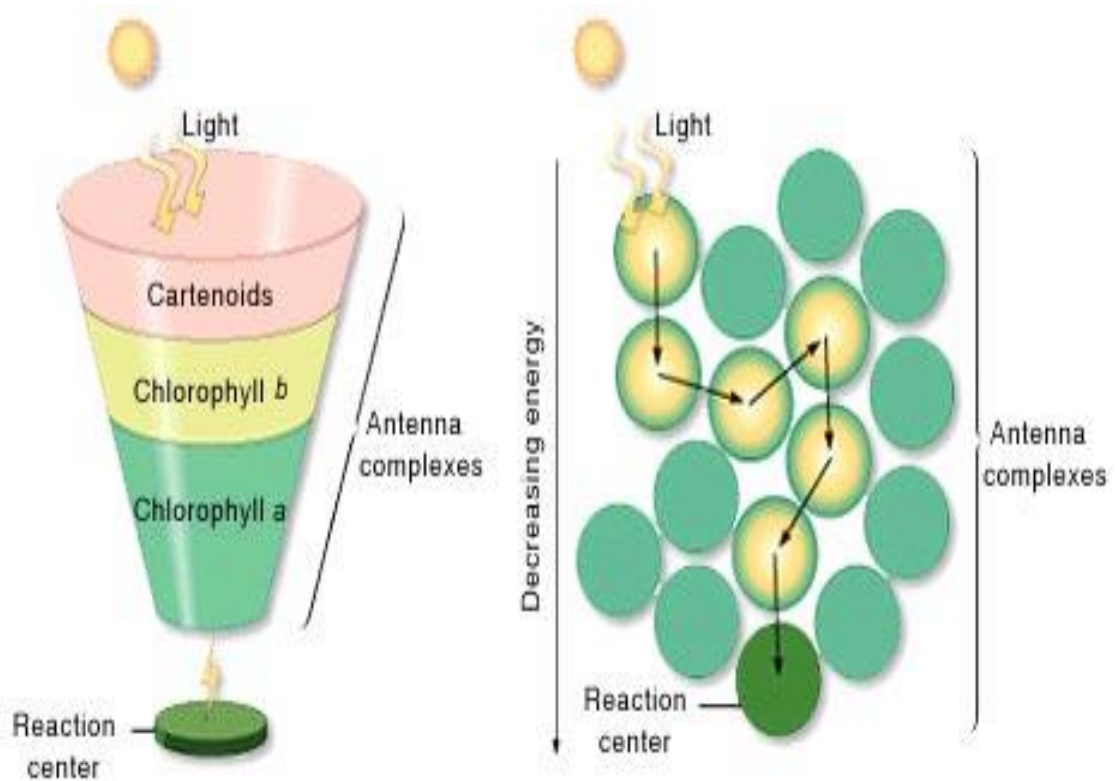
ຮູບ 1.10: ສະແດງລະລຶບການເຮັດວຽກຂອງລະບົບແສງ 1 ແລະ 2

ລະບົບແສງຈຶ່ງມີ pigment 2 ປະເພດຄື:

- Pigment ທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ດູດຄື້ນແສງ ແລະ ຖ່າຍທອດພະລັງງານ (antenna pigments) ໄດ້ແກ່: ຄໍໂຣຟິນ ເອ, ບີ ແລະ ແຄໂຣຕິນອຍດ໌

- ຄໍໂຣຟິນ ເອ ເປັນສູນກາງປະຕິກິລິຍາ (reaction center), ເຮັດໜ້າທີ່ປ່ຽນພະລັງງານແສງໃຫ້ເປັນພະລັງງານເຄມີ, ໂດຍການຮັບເອົາພະລັງງານທີ່ຖ່າຍທອດຈາກ antenna pigments ແລ້ວຖ່າຍທອດອີເລັກຕົງທີ່ຖືກກະຕຸ້ນໃຫ້ແກ່ສານທີ່ເປັນຕົວຮັບອີເລັກຕົງ

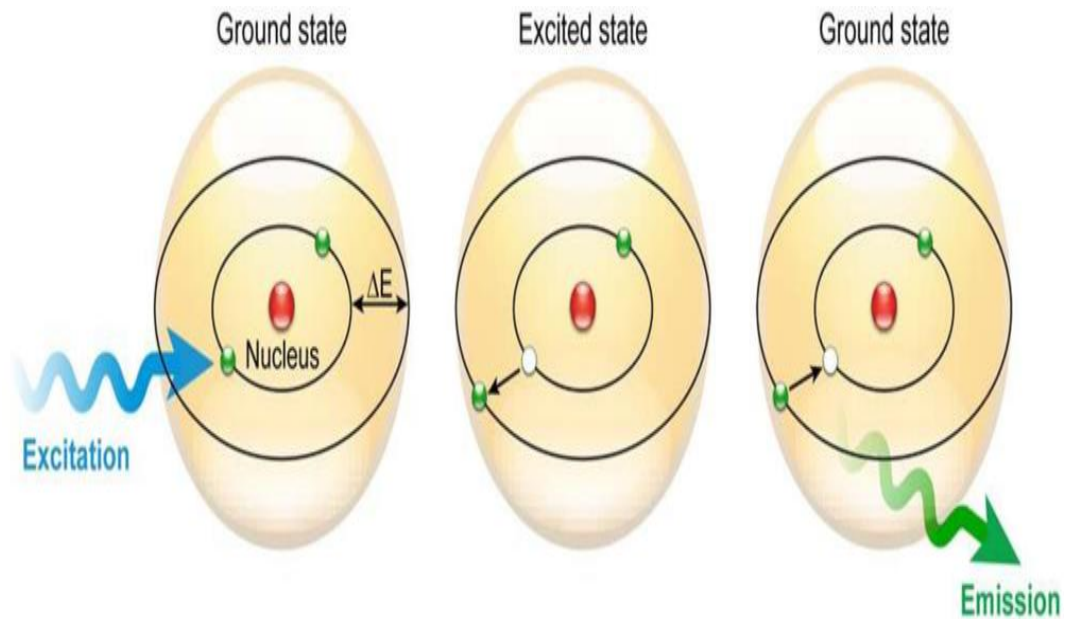
ເມື່ອສູນກາງປະຕິກິລິຍາໄດ້ຮັບພະລັງງານແສງມັນຈະປ່ຽນຈາກພາວະປົກກະຕິໄປເປັນພາວະຖືກກະຕຸ້ນ. ສູນກາງປະຕິກິລິຍາມີຄຸນສົມບັດຕ່າງຈາກ antenna pigments ຄື: antenna pigments ຫຼັງຈາກຖືກກະຕຸ້ນອີເລັກຕົງຈະກັບສູ່ orbitall ເດີມທີ່ຢູ່ໃນໂມເລກູນເດີມພ້ອມປົດປ່ອຍພະລັງງານ ແລະ reaction center, ອີເລັກຕົງມີພະລັງງານສູງຈະຖືກຜັກດັນອອກຈາກໂມເລກູນ (ເກີດ oxidation ຂອງສູນກາງ) ແລະ ຖ່າຍທອດໃຫ້ຕົວຮັບອີເລັກຕົງ, ດັ່ງນັ້ນພະລັງງານຈຶ່ງປ່ຽນເປັນພະລັງງານເຄມີໂດຍການຜັກດັນໃຫ້ເກີດປະຕິກິລິຍາ oxidation reduction ລະຫວ່າງສູນກາງກັບຕົວຮັບອີເລັກຕົງ



ຮູບ 1.11: ສະແດງອົງປະກອບຂອງລະບົບແສງ

2.3. ການກຳຕົ້ນໂມເລກຸ pigment ໂດຍພະລັງງານແສງ

Pigment ເມື່ອບໍ່ໄດ້ຮັບແສງອີເລັກຕົງພາຍໃນໂມເລກຸນຈະມີລະດັບພະລັງງານທີ່ຕໍ່າເອີ້ນວ່າ: ໂມເລກຸນຢູ່ໃນພາວະປົກກະຕິ (ground state), ເມື່ອມັນດູດຄື້ນພະລັງງານ 1 photon ແລ້ວເອເລັກຕົງອະນຸພາກໜຶ່ງຈະມີພະລັງງານເພີ່ມຂຶ້ນເອີ້ນວ່າ: ໂມເລກຸນຢູ່ໃນພະວະຕື້ນຕົວ ຫຼືພາວະກະຕຸ້ນ (excited state), ໂມເລກຸນທີ່ຢູ່ໃນພາວະກະຕຸ້ນຈະຢູ່ໄດ້ພຽງໄລຍະເວລາສັ້ນຄື 10^{-9} ວິນາທີ ຫຼັງຈາກນັ້ນອີເລັກຕົງຈະຄາຍພະລັງງານອອກໄປເພື່ອເຂົ້າສູ່ພາວະປົກກະຕິ ເຊິ່ງການຄາຍພະລັງງານນີ້ເກີດຂຶ້ນຫຼາຍຮູບແບບຄື: ໃນຮູບຂອງຄວາມຮ້ອນ, ໃນຮູບຂອງແສງເອີ້ນວ່າ: fluorescence, ການຖ່ອຍທອດພະລັງງານໃຫ້ວັດຖຸໃກ້ຄຽງ ແລະ ສູນເສຍອີເລັກຕົງອອກໄປ



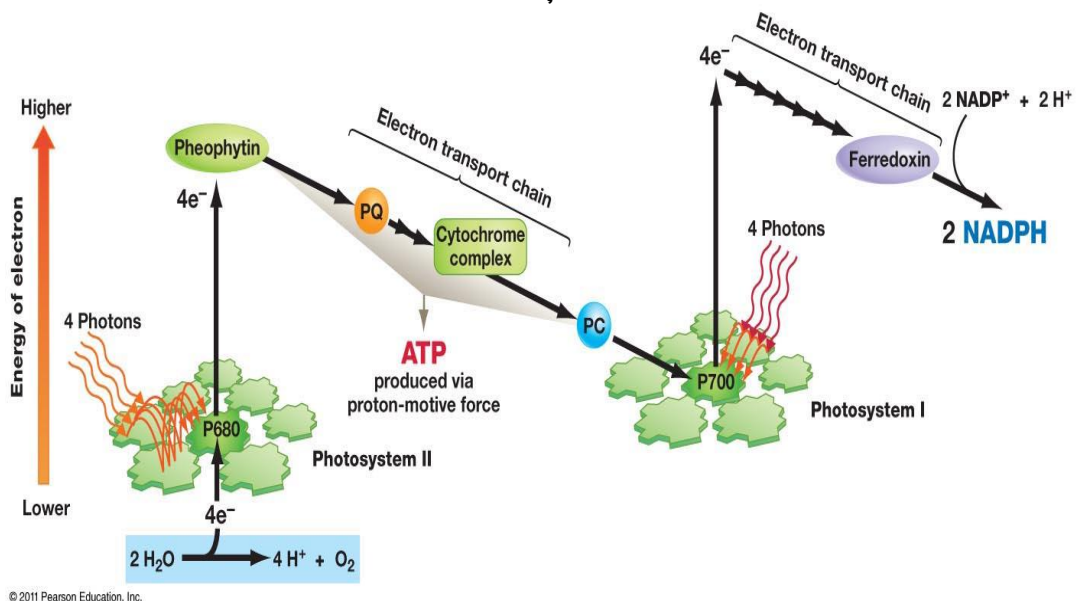
ຮູບ 1.12 ສະແດງການກຳຕຸ້ນໂມເລກຸ pigment ໂດຍພະລັງງານແສງ

III. ຂະບວນການຂອງການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ

1. ປະຕິກິລິຍາປັ້ນແຈ້ງ ຫຼື ປະຕິກິລິຍາໃຊ້ແສງ (Light reaction Photophosphorylation)

ເປັນຂະບວນການຜັກດັນໃຫ້ເກີດການສັງເຄາະ NADPH ແລະ ATP, ໂດຍການກະຕຸ້ນໃຫ້ອີເລັກຕຼອນມີພະລັງງານສູງຂຶ້ນ, ເຮັດໃຫ້ສາມາດເກີດການຖ່າຍທອດເລັກຕຼອນຈາກ H_2O ໄປສູ່ $NADP^+$ ເຮັດໃຫ້ເກີດການສ້າງ NADPH. ນອກນີ້, ໃນລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດເລັກຕຼອນຍັງມີພະລັງງານອີກສ່ວນຖືກປ່ຽນຮູບໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະ ATP, ການຖ່າຍທອດເລັກຕຼອນຈາກ H_2O ໄປສູ່ $NADP^+$ ເອີ້ນວ່າ: ການຖ່າຍທອດເລັກຕຼອນແບບບໍ່ເປັນວັດທະຈັກ (Non-Cyclic Electron Transport) ເຊິ່ງຈະກ່ຽວຂ້ອງກັບຂະບວນການເຮັດວຽກຂອງລະບົບແສງ II, ລະບົບແສງ I ແລະ ຍັງມີຕົວຮັບເລັກຕຼອນອີກຈຳນວນໜຶ່ງເຊິ່ງເຮັດໜ້າທີ່ຖ່າຍທອດເລັກຕຼອນລະຫວ່າງ H_2O ໄປສູ່ລະບົບແສງ II, ຈາກລະບົບແສງ II ໄປສູ່ລະບົບແສງ I ແລະ ຈາກລະບົບແສງ I ໄປສູ່ $NADP^+$

Non-Cyclic Electron Transport ສາມາດສະຫຼຸບເປັນຂັ້ນຕອນໄດ້ດັ່ງຮູບລຸ່ມນີ້:



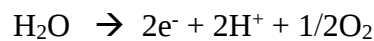
ຮູບ 1.13: ສະແດງການຖ່າຍທອດ electron ແບບບໍ່ເປັນວັດທະຈັກ

1.1. ການດູດຄື້ນແສງຂອງ Antenna pigments ຂອງລະບົບແສງ II

ເມື່ອ Antenna pigments ໃນສ່ວນຮັບແສງ (Light-harvesting complex) ຂອງລະບົບແສງ II (LHC II) ດູດຄື້ນພະລັງງານແສງ ແລະ ຖ່າຍທອດພະລັງງານເປັນຂັ້ນໆໄປຈົນເຖິງສູນກາງປະຕິກິລິຍາຄື: P680, electron ຂອງ P680 ທີ່ຖືກກະຕຸ້ນຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນຕົວທຳອິດ (Primary electron acceptor) ເຊິ່ງຢູ່ໃກ້ກັບ P680 ພາຍໃນສ່ວນແກນກາງຂອງລະບົບແສງ II (PS II core complex), ຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນນັກວິທະຍາສາດເຊື່ອວ່າເປັນສານປະກອບທີ່ມີຊື່ວ່າ: ຟີໂອໄຟຕິນ (Pheophytin, Pheo), ຈາກນັ້ນ Pheo ຈະສົ່ງອີເລັກຕຣອນໄປໃຫ້ສານປະກອບຄວິໂນນກ່ອນທີ່ຈະຖືກສົ່ງອອກຈາກລະບົບແສງ II

1.2. ການຮັບ ແລະ ສົ່ງ electron ຂອງ P680

P680 ທີ່ຂາດ electron ຈະໄດ້ຮັບອີເລັກຕຣອນທົດແທນຈາກ H_2O , ໂດຍມີເອັນໄຊມທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ຄະຕະໄລຊ໌ປະຕິກິລິຍາແຕກຕົວຂອງນ້ຳ (ດັ່ງສົມຜົນລຸ່ມນີ້) ເຊິ່ງຝັງຕົວຢູ່ໃນໄຫລາຄອຍແມມເບຼນດ້ານທີ່ສຳຜັດກັບຂອງແຫຼວພາຍໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍ (thylakoid space) ໃກ້ລະບົບແສງ II ເຊິ່ງປະຕິກິລິຍາການແຕກຕົວຂອງນ້ຳມີຄື:

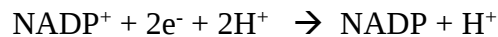


ອີເລັກຕຣອນທີ່ໄດ້ຈະຖືກສົ່ງຕໍ່ໃຫ້ P680 ໂດຍຜ່ານຕົວນຳພາອີເລັກຕຣອນອີກ 2-3 ຊະນິດ, ສ່ວນອາຕອມອອກຊີເຈນ ($1/2O_2$) ຈະລວມຕົວກາຍເປັນ O_2 ປົດປ່ອຍອອກສູ່ສິ່ງແວດລ້ອມ. ອີເລັກຕຣອນຈະຖືກສົ່ງອອກຈາກລະບົບແສງ II ໂດຍມີສານປະກອບຊື່: ພລາສໂຕຄິວໂນນ (Plastoquinone, PQ) ເປັນຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນ ເຊິ່ງພລາສໂຕຄິວໂນນລະລາຍໄຂມັນໄດ້ດີຈຶ່ງເຄື່ອນທີ່ໄປມາຢ່າງອິດສະຫຼະພາຍໃນມມເບຼນຂອງໄຫລາຄອຍ ໂດຍຈະເຄື່ອນທີ່ໄປສຳຜັດກັບລະບົບແສງ II ແລ້ວຮັບອີເລັກຕຣອນຈາກລະບົບແສງ II ແລ້ວນຳໄປຖ່າຍທອດຕໍ່ໃຫ້ກັບ ໄຊໂຕໂຄຣມໂບ 6-ເອຟຄອມເພລກ (Cytochrome b 6-f complex) ເຊິ່ງເປັນໂຄງສ້າງທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ປະກອບດ້ວຍໂປຕິນຫຼາຍຊະນິດ ແລະ ຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນໄດ້ແກ່: ໄຊໂຕໂຄຣມໂບ 6 (Cytochrome b 6), ໄຊໂຕໂຄຣມເອຟ (Cytochrome f) ແລະ ໂປຕິນທີ່ມີເຫຼັກ ແລະ ມາດເປັນອົງປະກອບ (Fe – S Protein). ອີເລັກຕຣອນຈະຖືກສົ່ງອອກຈາກ Cytochrome b 6-f complex ໄປໃຫ້ ພລາສໂຕໄຊຍານິນ (Plastocyanin, PC) ເຊິ່ງເປັນໂປຕິນຂະໜາດນ້ອຍທີ່ມີ Cu ເປັນອົງປະກອບ ແລະ ເປັນໂປຕິນທີ່ເຄື່ອນທີ່ໄປທາ ແລະ ຮັບອີເລັກຕຣອນຈາກໄຊໂຕໂຄຣມໂບ 6-ເອຟຄອມເພລກ ໄປໃຫ້ P700 ໃນລະບົບແສງ I.

1.3. ການດູດຄື້ນແສງຂອງ Antenna pigments ຂອງລະບົບແສງ I ແລະ ການສັງເຄາະ NADPH

ເມື່ອຄຳໂຮພລາສໄດ້ຮັບແສງທີ່ລະບົບສງ I ກໍ່ຈະເກີດເຫດການທຳນອງດຽວກັບລະບົບແສງ II ຄື: ເມັດສີທີ່ເປັນ Antenna pigments ໃນສ່ວນຮັບແສງຂອງລະບົບແສງ I (LHC I) ຈະດູດຄື້ນພະລັງງານຈາກແສງແລ້ວຖ່າຍທອດພະລັງງານເປັນລຳດັບຈົນເຖິງສູນກາງປະຕິກິລິຍາຄື: P700, ອີເລັກຕຣອນຂອງ P700 ທີ່ໄດ້ຮັບພະລັງງານຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ຕົວຮັບຕົວທຳອິດ (Primary electron acceptor) ເຊິ່ງຢູ່ໃກ້ກັບ P700 ພາຍໃນສ່ວນແກນກາງຂອງລະບົບແສງ I (PS I core complex), ຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນຕົວທຳອິດນັ້ນກໍ່ວິທະຍາສາດຍັງບໍ່ສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ຈຶ່ງໃຊ້ສັນຍາລັກວ່າ A_0 . P700 ທີ່ຂາດອີເລັກຕຣອນຢູ່ນັ້ນກໍ່ໄດ້ຮັບອີເລັກຕຣອນຈາກ PC, ສ່ວນ A_0 ຈະສົ່ງອີເລັກຕຣອນໄປໃຫ້ສານປະກອບອີກ 4 ຊະນິດຄື: A_1 , F_x , F_A , F_B ($F_x - F_B$ ເປັນສານປະກອບໂປຕິນທີ່ມີເຫຼັກແລະມາດເປັນອົງປະກອບ (Fe – S Protein), ຫຼັງຈາກນັ້ນ F_B ກໍ່ຈະສົ່ງອີເລັກຕຣອນຕໍ່ໄປໃຫ້ເຟີຣິດອກຊິນ (Perredoxin, Fd) ເຊິ່ງເປັນສານປະກອບໂປຕິນທີ່ມີເຫຼັກ ແລະ ມາດເປັນອົງປະກອບ (Fe – S Protein) ເຊັ່ນດຽວກັນເຟີຣິດອກຊິນເປັນຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນທີ່ເປັນອິດສະຫຼະຝັງຕົວຢູ່ໃນຜິວຂອງໄຫລາຄອຍແມມເບຼນດ້ານທີ່ສຳຜັດກັບສະໂຕມາ, ເຟີຣິດອກຊິນຈະສົ່ງອີເລັກຕຣອນໄປໃຫ້ $NADP^+$ ທີ່ລະລາຍຢູ່ໃນສະໂຕມາ (Enzyme ທີ່ຄະຕະໄລຊ໌ ການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນຈາກ Fd ໄປສູ່ $NADP^+$ ແມ່ນ: Ferredoxin $NADP$ reductase (FNR)

ເຊິ່ງຢູ່ໃນໄທລາຄອຍແມມເບຼນໃກ້ລະບົບແສງ I ແລະ ເຟີຣີດອກຊິນ) ປະຕິກິລິຍາທີ່ເກີດຂຶ້ນເມື່ອ NADP^+ ຮັບອີເລັກຕຽນແມ່ນ:



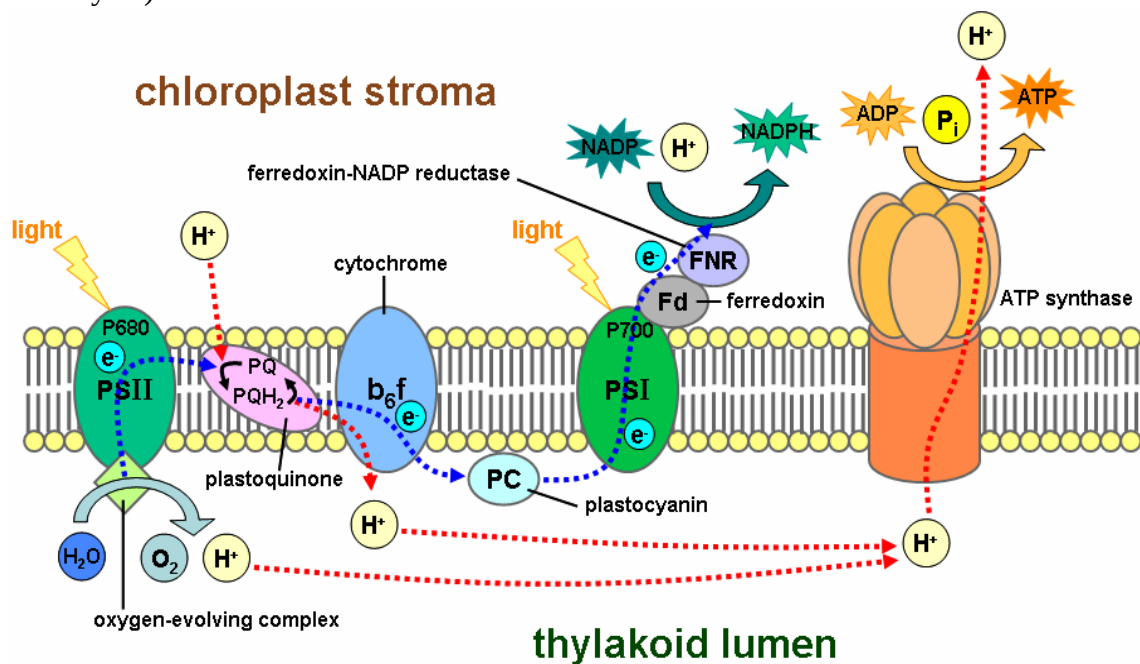
NADPH ເປັນສານປະກອບອີ່ມຕົວ ແລະ ເກັບອີເລັກຕຽນທີ່ມີພະລັງງານສູງ ຫຼື ມີກຳລັງຮີດົວຊ່ອງໄວ້ ເພື່ອນຳໄປໃນໃນການຮີດົວຊ່ອງຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ ໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານໃນປະຕິກິລິຍາບໍ່ໃຊ້ແສງ ຫຼື ຂັ້ນຕອນວັດທະຈັກຄາລວິນ

1.4. ການສັງເຄາະ ATP

ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ Pheophytin ໄປສູ່ P700 (ການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນຈາກລະບົບແສງ II ໄປສູ່ລະບົບແສງ I) ເປັນລຳດັບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນມີລະດັບພະລັງງານຫຼຸດລົງ, ດັ່ງນັ້ນ ຈິ່ງມີພະລັງງານປົດປ່ອຍອອກມາ ເຊິ່ງພະລັງງານຈຳນວນໜຶ່ງຖືກນຳໄປສັງເຄາະ ATP ວິທີການນີ້ເອີ້ນວ່າ: ໄຟໂຕຟອສໂຟຣີລາຊັນ (Photophosphorylation), ເຊິ່ງ ATP ເຫຼົ່ານີ້ຈະເປັນຕົວພາພະລັງງານໄປໃຫ້ກັບປະຕິກິລິຍາຕ່າງໆທີ່ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານໃນວັດທະຈັກຄາລວິນຕໍ່ໄປ. ສົມຜົນປະຕິກິລິຍາໃນການສັງເຄາະ ATP ສະແດງໄດ້ດັ່ງນີ້:



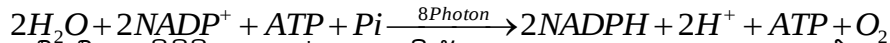
ATP ເຫຼົ່ານີ້ຈະເປັນຕົວພາພະລັງງານໄປໃຫ້ກັບປະຕິກິລິຍາທີ່ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານໃນວັດທະຈັກຄາລວິນ (Calvin cycle)



ຮູບ 1.14: ສະແດງການຈັດລຽງຕົວຂອງໂຄງສ້າງຕ່າງໆພາຍໃນໄທລາຄອບແມມເບຣນ,

ການປົດປ່ອຍໄຟຕົງເກີດຂຶ້ນລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນຈາກພລາສໂຕຄວີໂນນ (Pq) ໄປຍັງໄຊໂຕໂຄມບີ 6ໂຟໂຕໂຄມເອັຟ (b6f) ແລະ ໃນຂັ້ນຕອນການແຕກຕົວຂອງນ້ຳ, ການສັງເຄາະ ATP ປົດປ່ອຍ H^+ ອອດມາສູ່ສະໂຕມ, ໃນຮູບນີ້ຍັງສະແດງເສັ້ນທາງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນຈາກນ້ຳພາຍໃນຊ່ອງລູແມນຜ່ານລະບົບແສງ II ໄຊໂຕໂຄຣມຄອມແພລກ ແລະ ລົບບົບແສງ I ຕາມລຳດັບໄປເຖິງ NADP^+

ປະຕິກິລິຍາລວມຂອງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນແບບບໍ່ເປັນວັດທະຈັກມີດັ່ງນີ້:



ຈາກສົມຜົນປະຕິກິລິຍາ: ການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນ 4 ອະນຸພາກຈາກ: H_2O 2 ໂມເລກຸນໄປສູ່ $NADP^+$ 2 ໂມເລກຸນ ໃຊ້ພະລັງງານຈຳນວນ 8 Photon ໂດຍ 4 Photon ໃຊ້ກະຕຸ້ນອີເລັກຕຣອນທີ່ລະບົບແສງ II ແລະ 4 Photon ໃຊ້ກະຕຸ້ນອີເລັກຕຣອນທີ່ລະບົບແສງ I. ລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນຈະມີພະລັງງານສ່ວນໜຶ່ງຖືກນຳໄປສ້າງເຄາະ ATP (ແຕ່ຈຳນວນ ATP ຍັງບໍ່ທັນຮູ້ຊັດເຈນ, ຈາກການທົດລອງແມ່ນນຳໃຊ້ 2 ໂມເລກຸນ ATP ຕໍ່ 2 ໂມເລກຸນນ້ຳ ແລະ ຜົນຜະລິດຂ້າງຄຽງຂອງປະຕິກິລິຍາຄື O_2 ປົດປ່ອຍອອກສູ່ບັນຍາກາດ

ໃນຄໍໂຣພລາສຕ໌ມີລະບົບການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນອີກແບບໜຶ່ງເອີ້ນວ່າ: ການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບເປັນວັດທະຈັກ (cyclic electron transport) ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນເມື່ອເຟຣີດອກຊິນສິ່ງອີເລັກຕຣອນໄປໃຫ້ພລາສໂຕໂຊຍາມິນ ເຊິ່ງສິ່ງອີເລັກຕຣອນໃຫ້ P700 ຂອງລະບົບແສງ I, ການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບເປັນວັດທະຈັກຈຶ່ງບໍ່ສາມາດສ້າງ NADPH ແຕ່ໃນລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນຜ່ານໄຊໂຕໂຄມບີ 6-ເອຟຄອມເພລັກຈະມີພະລັງງານອິດສະຫຼະປົດປ່ອຍອອກມາ ເຊິ່ງສາມາດນຳໄປສ້າງເຄາະ ATP ໄດ້ໂດຍໃຊ້ກົນໄກແບບດຽວກັບທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນກໍລະນີຂອງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບບໍ່ເປັນວັດທະຈັກ, ດັ່ງນັ້ນຜົນຜະລິດຂອງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບເປັນວັດທະຈັກຈຶ່ງມີພຽງຢ່າງດຽວຄື ATP. ເຊິ່ງນັກວິທະຍາສາດເຊື່ອວ່າການການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບເປັນວັດທະຈັກເກີດຂຶ້ນເພື່ອສ້າງເຄາະ ATP ໃຫ້ເພຽງພໍກັບຄວາມຕ້ອງການໃນຄໍໂຣພລາສ ເພາະການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບບໍ່ເປັນວັດທະຈັກສ້າງ NADPH ແລະ ATP ໄດ້ໃນປະລິມານເທົ່າໆກັນ, ແຕ່ປະຕິກິລິຍາບໍ່ໃຊ້ແສງ ຫຼື ວັດທະຈັກຄາລວິນນັ້ນຕ້ອງໃຊ້ ATP ໃນປະລິມານຫຼາຍກວ່າ NADPH, ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງຕ້ອງມີການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນແບບເປັນວັດທະຈັກເພື່ອສ້າງ ATP ເພີ່ມໃຫ້ພຽງພໍ ນອກຈາກນັ້ນໃນຄໍໂຣພລາສ ຍັງມີກິດຈະກຳເມຈາໂບລິສຊິມອື່ນໆທີ່ຕ້ອງໃຊ້ ATP ໄດ້ແກ່: ປະຕິກິລິຍາການສັງເຄາະແປັງ ແລະ ການສັງເຄາະໂປຼຕິນ ເປັນຕົ້ນ.

ການຄວບຄຸມລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນໄຫລາຄອຍແມ່ນແບບເປັນການສັງເຄາະ ATP ເກີດຂຶ້ນໂດຍກົນໄກຄວບຄຸມແບບເຄມີໂອສໂມຊິສ (chemiosmosis coupling mechanism) ເຊິ່ງສະເໜີເປັນຄັ້ງທຳອິດໂດຍ Peter Mitchell ໃນປີ ຄສ 1961 ເຊິ່ງໄດ້ຮັບຄວາມເຊື່ອຖືຢ່າງຫຼວງຫຼາຍໃນປະຈຸບັນ. ເນື້ອຫາໂດຍຫຍໍ້ຂອງກົນໄກນີ້ຄືໃນລະຫວ່າງທີ່ເກີດການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນພາຍໃນແມ່ມເບຼນຂາກສານທີ່ມີຄ່າ redox potential ຕ່ຳກວ່າໄປສູ່ສານທີ່ມີຄ່າສູງກວ່າຈະມີພະລັງງານປົດປ່ອຍອອກມາ ເຊິ່ງພະລັງງານອິດສະຫຼະນີ້ຈະຖືກນຳໄປໃຊ້ໃນການຂັບໂປຼຕອນ (H^+) ຂ້າມແມ່ມເບຼນ, ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນກໍລະນີຂອງຄໍໂຣພລາສ ເມື່ອໄດ້ຮັບແສງຈະເກີດການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນ ແລະ ເກີດການຂັບ H^+ ຈາກສະໂຕມາເຂົ້າມາສະສົມໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍ ເຮັດໃຫ້ພາຍໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ H^+ ສູງກວ່າສະໂຕມາເກືອບໜຶ່ງພັນເທົ່າ, ເຮັດໃຫ້ pH ຂອງສະໂຕມາມີຄ່າປະມານ 8 ແລະ pH ຂອງໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍປະມານ 5, ນອກຈາກນີ້ຈະເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມແຕ່ກຕ່າງຂອງໄຟຟ້າບັນຈຸລະຫວ່າງຜິວສອງດ້ານຂອງໄຫລາຄອຍແມ່ມເບຼນ ໂດຍຜິວດ້ານນອກຈະເປັນລົບຫຼາຍຂຶ້ນ ແລະ ດ້ານໃນຈະເປັນບວກຫຼາຍຂຶ້ນ. ປັດໃຈຮ່ວງທັງສອງຢ່າງຄື: ຄວາມຈຳງຂອງ pH (pH gradient) ແລະ ຄວາມຕ່າງຂອງໄຟຟ້າບັນຈຸຂ້າມແມ່ມເບຼນ (membrane potential) ເປັນພະລັງງານທຳຕັ້ງຮູບແບບໜຶ່ງເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ: ແຮງຂັບເຄື່ອນໂປຼຕອນ (proton motive force) ເຊິ່ງພະລັງງານນີ້ຈະຖືກນຳໄປໃຊ້ຜັກດັນການສັງເຄາະ ATP. ເມື່ອ H^+ ພານໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍເຄື່ອນທີ່ຜ່ານໂປຼຕິນສັບຊ້ອນຊື່ ATP synthase complex ເຊິ່ງຝັງຕົວຢູ່ໃນໄຫລາຄອຍແມ່ມເບຼນ (ATP synthase complex ເປັນໂຄງສ້າງຂະໜາດໃຫຍ່ທີ່ປະກອບດ້ວຍໂພລີເພບໄທດ ຫຼາຍສາຍເຊິ່ງແບ່ງອອກເປັນ 2 ສ່ວນຄື: ສ່ວນກ້ານ (CF_0) ເຊິ່ງຝັງຕົວຢູ່ໃນໄຫລາຄອຍແມ່ມເບຼນ ແລະ ສ່ວນຫົວ (CF_1) ເຊິ່ງຍື່ນອອກມາອກແມ່ມເບຼນສຳຜັດກັບສະໂຕມາ, ສ່ວນຫົວເປັນສ່ວນທີ່ມີກິດຈະກຳຂອງເອັນໄຊ ATP synthase ເຊິ່ງຄະຕະໄລ໊ຊ ປະຕິກິລິຍາການສັງເຄາະ ATP, ກົນໄກການນຳພະລັງງານຂາກແຮງຂັບໂປຼຕອນໄປໃຊ້

ໃນການສັງເກດ ATP ນັ້ນເປັນຂັ້ນຕອນທີ່ມີຫຼັກທາງຍາສາດຍັງບໍ່ທັນເຂົ້າໃຈຫຼາຍປານໃດ ແຕ່ຄາດວ່າອາດຈະກ່ຽວກັບການປ່ຽນແປງໂຄງຮູບຂອງໂປຼຕິນທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງ ATP synthase complex ເມື່ອມີ H^+ ໄຫຼຜ່ານ ເຊິ່ງນຳໄປສູ່ການກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຄະຕະໄລຊ໌ ປະຕິກິລິຍາສັງເກດ ATP ຈາກ ADP ກັບໝູ່ຟອສເຟດ (ດັ່ງຮູບ 1.14) ເຊິ່ງເປັນໄດອາແກມສະແດງການຈັດລຽງຕົວຂອງໂຄງສ້າງຕ່າງໆພາຍໃນໄຫລາຄອຍແມມເບຼນທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ໃນການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນ ແລະ ສັງເກດ ATP ລວມທັງສະແດງເສັ້ນທາງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນຈາກ H_2O ພາຍໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍຜ່ານລະບົບແສງ II, ໄຊໂຕໂຄໂມບີ 6-ເອຟຄອມເພລກ ແລະ ລະບົບແສງ I ຕາມລຳດັບໄປຈົນເຖິງ $NADP^+$ ເຊິ່ງລະລາຍຢູ່ໃນສະໂຕມາ ແລະ ສະແດງໃຫ້ເຫັນການຂັບ H^+ ຈາກສະໂຕມາເຂົ້າມາສະສົມໃນຊ່ອງໄຫລາຄອຍ ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຽນຈາກພລາສໂຕຄິໂນນໄປສູ່ ໄຊໂຕໂຄໂມບີ 6-ເອຟຄອມເພລກ ແລະ ການສັງເກດ ATP ໂດນສ່ວຍຫົວຂອງ ATP synthase complex ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນເມື່ອ H^+ ເຄື່ອນທີ່ອອກຈາກໄຫລາຄອຍກັບສູ່ສະໂຕມາ.

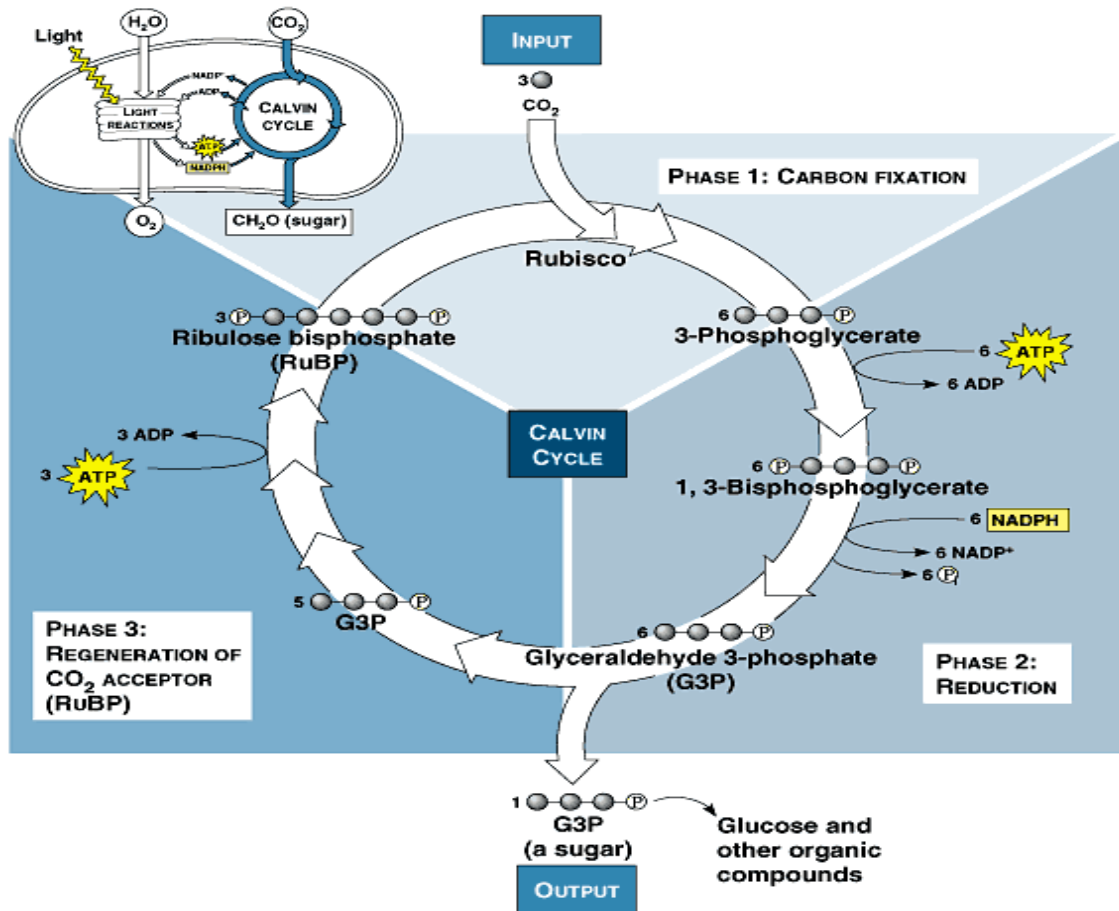
ດັ່ງນັ້ນປະຕິກິລິຍາແສງຈຶ່ງເປັນຂະບວນການທີ່ພະລັງງານແສງຖືກປ່ຽນຮູບເປັນພະລັງງານເຄມີໃນຮູບຂອງ ATP ແລະ ໃນຮູບຂອງອີເລັກຕຽນທີ່ມີພະລັງງານສູງໃນໂມເລກຸນຂອງ NADPH ເຊິ່ງທັງ ATP ແລະ NADPH ຈະນຳພະລັງງານ ແລະ ອີເລັກຕຽນໄປໃຊ້ໃນປະຕິກິລິຍາຮີດົວຊ໌ກຳຊາບອນໄດອອກໄຊດ໌ ໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານໃນຂັ້ນຕອນຕໍ່ໄປຄືປະຕິກິລິຍາບໍ່ໃຊ້ແສງ ຫຼື ວັດທະຈັກຄາລວິນ.

2. ປະຕິກິລິຍາບັນມົດ ຫຼື ປະຕິກິລິຍາບໍ່ໃຊ້ແສງ (Dark reaction)

ເປັນຂະບວນການສັງເກດດ້ວຍແສງທີ່ບໍ່ໃຊ້ພະລັງແສງໂດຍກົງ, ແຕ່ຕ້ອງໃຊ້ຜົນຜະລິດຈາກປະຕິກິລິຍາແສງຄື: NADPH ແລະ ATP ມາໃຊ້ໃນການຖືງ CO_2 ໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານ, ປະກອບດ້ວຍປະຕິກິລິຍາຫຼາຍຂັ້ນຕອນຊຶ່ງຕະຈະໄລຊ໌ ໂດຍເອີ້ນໄຊທີ່ແຂນລອຍຢູ່ໃນສະໂຕມາ. ນັກວິທະຍາສາດທີ່ໄດ້ສຶກສາຂັ້ນຕອນຂອງປະຕິກິລິຍານີ້ຢ່າງລະອຽດຄື Melvin Calvin ແລະ ຄະນະ ເຊິ່ງເປັນຜົນງານທີ່ເນັດໃຫ້ Calvin ໄດ້ຮັບລາງວັນໂນເບລ ສາຂາເຄມີໃນປີ ຄ.ສ. 1961, ວິທີການທີ່ສຶກສາຄືການໃຫ້ $^{14}CO_2$ ແກ່ສາຫຼ່າຍ *Chlorella* ແລ້ວປ່ອຍໃຫ້ສາຫຼ່າຍສັງເກດດ້ວຍແສງໄລຍະເວລາທີ່ກຳນົດໂດຍການຄວບຄຸມການປິດເປີດໄຟ, ຈາກນັ້ນຈຶ່ງສະກັດສານປະກອບອິນຊີອອກມາຈາກສາຫຼ່າຍແລ້ວນຳໄປແຍກໂດຍເທັກນິກເຈ້ຍໂຄໂມໂຕກຼາຟ, ຈາກນັ້ນນຳເຈ້ຍໂຄໂມໂຕກຼາຟ ໄປຕິດກັບແຜ່ນຟົມເອັກຊ໌ເຣ ໃນທີ່ມືດປະມານ 2-4 ອາທິດ, ຫຼັງຈາກນັ້ນນຳຟົມເອັກຊ໌ເຣໄປລ້າງກໍ່ຈະເກີດຈຸດສີດາເທິງແຜ່ນຟົມກົງຕາແໜ່ງທີ່ກົງກັບສານປະກອບໃນເຈ້ຍໂຄໂມໂຕກຼາຟ ທີ່ມີ ^{14}C ຢູ່, ຈາກນັ້ນຈຶ່ງຕັດເຈ້ຍບໍລິເວນທີ່ມີ ^{14}C ຢູ່ໄປວິເຄາະວ່າເປັນສາປະກອບຊະນິດໃດ, ວິທີການນີ້ເຮັດໃຫ້ຮູ້ວ່າສາປະກອບຊະນິດໃດແດ່ເປັນຜົນມາຈາກການຖືງ $^{14}CO_2$. ຈາກການໃຫ້ສາຫຼ່າຍສັງເກດດ້ວຍແສງໂດຍໃຫ້ $^{14}CO_2$ ເປັນໄລຍະເວລາຕ່າງໆຕັ້ງແຕ່ 1 ວິນາທີໄປຈົນເຖິງ 2 ນາທີເຮັດໃຫ້ Calvin ແລະ ຄະນະ ສາມາດປິ່ງຊີ້ລາດັບການເກີດປະຕິກິລິຍາການປ່ຽນ CO_2 ໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານໂດຍລະອຽດເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ: ວັດທະຈັກຮີດົວຊ໌ຄາບອນ (photosynthetic carbon reduction cycle) ຫຼື ວັດທະຈັກຄາລວິນ (Calvin cycle)

ວັດທະຈັກຄາລວິນ ປະກອບດ້ວຍປະຕິກິລິຍາທັງໝົດ 13 ປະຕິກິລິຍາເຊິ່ງຄະຕະໄລຊ໌ໂດຍເອີ້ນໄຊມ໌ 13 ຊະນິດ ແລະ ສາມາດແບ່ງອອກເປັນ 3 ຂັ້ນຕອນ (ຮູບ 1.15) ຄື:

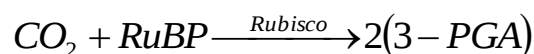
- 1) ຂັ້ນຕອນທີ 1: ການຖືງ CO_2 (Carbon fixation phase)
- 2) ຂັ້ນຕອນທີ 2: ຮີດົວຊ໌ (Reduction phase)
- 3) ຂັ້ນຕອນທີ 3: ການສ້າງສານຕົວຮັບ CO_2 ຂຶ້ນມາໃໝ່ (Regeneration phase)



ຮູບ 1.15: ສະແດງຮອບວຽນ ແລະ ປະຕິກິລິຍາທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນ Calvin cycle

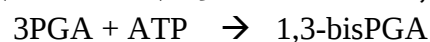
2.1. ຂັ້ນຕອນທີ 1: ການຕັ້ງ CO₂ (Carbon fixation phase)

ໄລຍະການຕັ້ງ CO₂ ຄື: ການລວມຕົວກັນລະຫວ່າງ CO₂ ກັບນໍ້າຕານເພີ່ນໂທສຟອສເຟດຊີ Riburose 1,5-bisphosphate (RuBP) ໂດຍກົດຈະກາຂອງເອັນໄຊມ໌ Riburose 1,5-bisphosphas carboxylase oxygenase ຫຼື Rubisco, ຜົນຜະລິດຂອງປະຕິກິລິຍາຄື: 3-phosphoglycerate (3-PGA) 2 ໂມເລກຸນ, ດັ່ງສົມຜົນປະຕິກິລິຍາລຸ່ມນີ້:



2.2. ຂັ້ນຕອນທີ 2: ຣີດັກຊັນ (Reduction phase) ໄລຍະຣີດັກຊັນປະກອບດ້ວຍ 2 ປະຕິກິລິຍາຄື:

– ການຕື່ມໝູ່ຟອສເຟດຈາກ ATP ໃຫ້ແກ່ 3-phosphoglycerate ໄດ້ຜົນຜະລິດເປັນ 1,3-bisphosphoglycerate (1,3-bisPGA) ດັ່ງສົມຜົນປະຕິກິລິຍາລຸ່ມນີ້:

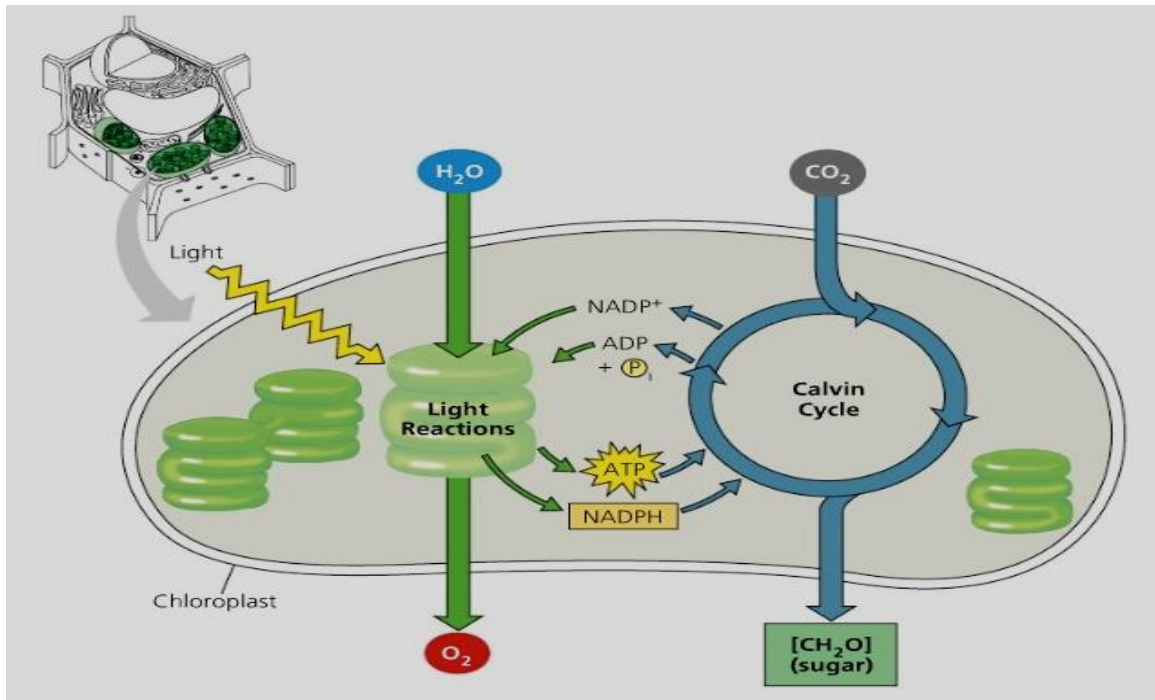


– ການຣີດິວຊັງໝູ່ຄາຣບອກຊິລ (-COO) ຂອງ 1,3-bisPGA ໃຫ້ເປັນໝູ່ອັນດີໄຮດ (CHO) ໂດຍໃຊ້ອີເລັກຕຽນ 1 ຄູ່ຈາກ NADPH ຜົນຜະລິດມີໄດ້ແມ່ນ Glyceraldehyde 3-Phosphate (G3P) ເຊິ່ງເປັນນໍ້າຕານໄທຣ໌ໂອສ (Triose) ດັ່ງສົມຜົນປະຕິກິລິຍາລຸ່ມນີ້:



ATP ທີ່ໃຫ້ໝູ່ຟອສເຟດໃຫ້ແກ່ 3-PGA ແລ້ວກໍ່ຈະກາຍເປັນ ADP ແລະ NADPH ເມື່ອໃຫ້ອີເລັກຕຣອນແກ່ 1,3-bisPGA ແລ້ວກໍ່ກາຍເປັນ NADP⁺, ທັງ ADP ແລະ NADP⁺ ຈະກັບໄປເຮັດໜ້າທີ່ໃນປະຕິກິລິຍາແສງເພື່ອປ່ຽນກັບມາເປັນ ATP ແລະ NADPH

ຈາກແຜນວາດວົງຈອນຈະເຫັນວ່າ: 3 ໂມເລກຸນ CO₂ ທີ່ທຳປະຕິກິລິຍາກັບ 3 ໂມເລກຸນ RuBP ຈະສ້າງ G3P 6 ໂມເລກຸນ, ແຕ່ມີພຽງ 1 ໂມເລກຸນ (G3P) ເທົ່ານັ້ນທີ່ເປັນຜົນຜະລິດສຸດທ້າຍຂອງວັດທະຈັກຄາລວິນ, ສ່ວນອີກ 5 ໂມເລກຸນ (G3P) ນັ້ນຈະຖືກນຳໄປສ້າງ RuBP ຈຳນວນ 3 ໂມເລກຸນ ເຊິ່ງໃນຊ່ວງນີ້ຈະໃຊ້ພະລັງງານ ATP 3 ໂມເລກຸນໂດຍປະຕິກິລິຍາຫຼາຍຂັ້ນຕອນໃນໄລຍະທີ 3 (ດັ່ງຮູບລຸ່ມນີ້)



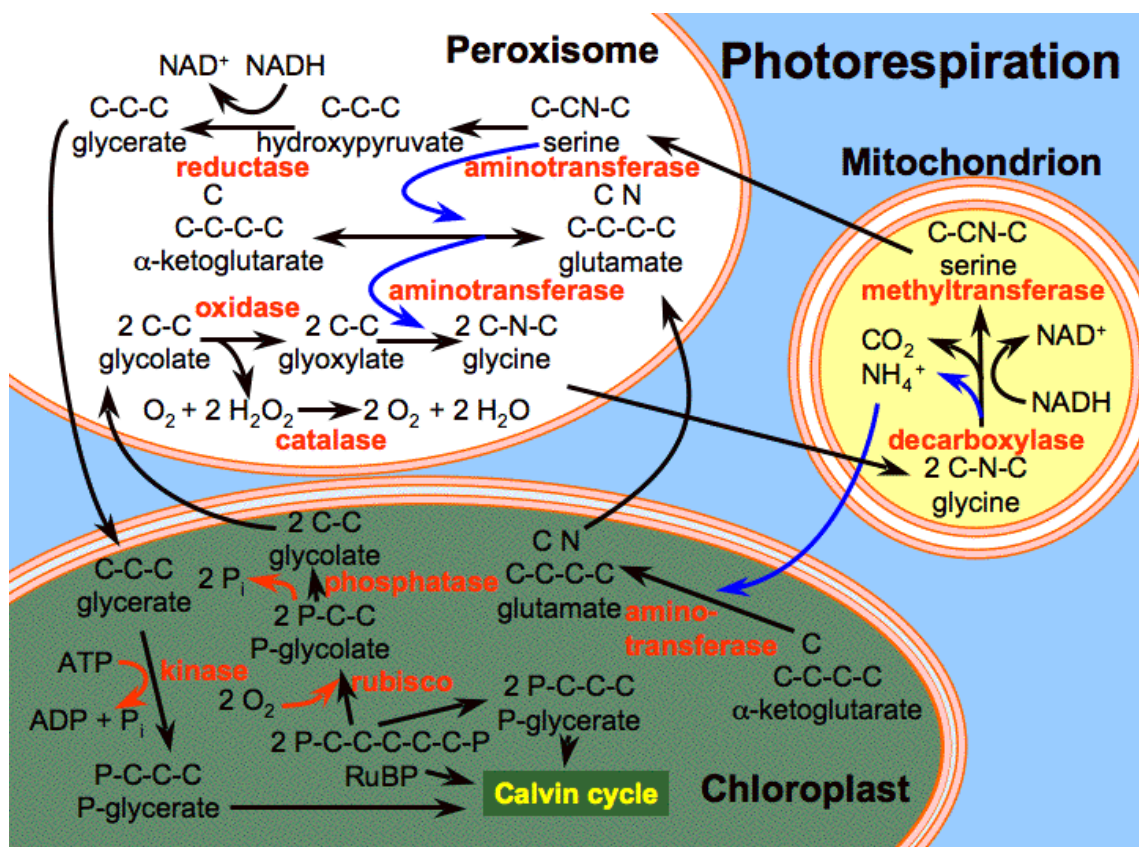
ຮູບ 1.16: ສະແດງການໝູນວຽນຂອງ ATP ແລະ NADPH ໃນຂະບວນການສັງເຄາະແສງ

2.3. ຂັ້ນຕອນທີ 3: ການສ້າງສານຕົວຮັບ CO₂ ຂຶ້ນມາໃໝ່ (Regeneration phase), ປະກອບດ້ວຍປະຕິກິລິຍາທີ່ສັບຊ້ອນຫຼາຍຂັ້ນຕອນເພື່ອປ່ຽນ G3P ຈຳນວນ 5 ໂມເລກຸນໃຫ້ກາຍເປັນ RuBP ຈຳນວນ 3 ໂມເລກຸນ, ໃນໄລຍະນີ້ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານຈາກ ATP ອີກ 3 ໂມເລກຸນ ແລະ RuBP ທີ່ຖືກສ້າງຂຶ້ນມາຈະເຮັດໜ້າທີ່ລວມຕົວກັບ CO₂ ເພື່ອເລີ່ມວັດທະຈັກຄາລວິນຮອບຕໍ່ໄປ

ດັ່ງນັ້ນໃນການຖືງ CO₂ 3 ໂມເລກຸນ ເພື່ອຜະລິດນ້ຳຕານ Glyceraldehyde 3-Phosphate 1 ໂມເລກຸນຈຶ່ງຕ້ອງໃຊ້: ATP ທັງໝົດ 9 ໂມເລກຸນໂດຍທີ່ 6 ໂມເລກຸນໃຊ້ໃນໄລຍະຮີດັກຊັ້ນ ແລະ ອີກ 3 ໂມເລກຸນໃຊ້ໃນໄລຍະການສ້າງຕົວຮັບ CO₂ ຄືນໃໝ່, ໃຊ້ NADPH ທັງໝົດ 6 ໂມເລກຸນໃນປະຕິກິລິຍາຮີດັກຊັ້ນຂອງ 1,3-bisPGA ເພື່ອສ້າງ G3P. G3P ນີ້ຈະເປັນສານຕັ້ງຕົ້ນສຳລັບການສັງເຄາະສານປະກອບຕ່າງໆເຊັ່ນ: ແປ້ງ (starch) ເຊິ່ງຖືກສັງເຄາະ ແລະ ສະສົມໄວ້ໃນ Chloroplast, ນ້ຳຕານ Sucrose ເຊິ່ງຖືກສັງເຄາະພາຍໃນໄຊໂທຣພລາສຊິມຂອງຈຸລັງເມໂຊຟິລລ໌ ແລ້ວຖືກສົ່ງອອກໄປຕາມທໍ່ລຳລຽງອາຫານເພື່ອລ້ຽງສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດທີ່ບໍ່ສາມາດສັງເຄາະແສງໄດ້ ແລະ ສັງເຄາະສານປະກອບອື່ນໆໄດ້ແກ່: Lipid ແລະ Amino acid ເປັນຕົ້ນ

IV. ໄຟໂຕເຣສໄພເຣຊັນ (Photorespiration)

ສາເຫດທີ່ພືດເກີດມີຂະບວນການ Photorespiration ຍ້ອນເອີ້ນໄຊມ Rubisco ເຊິ່ງນອກຈາກຄະຕະໄລຊ໌ ການລວມຕົວລະຫວ່າງ CO_2 ແລະ RuBP ແລ້ວຍັງສາມາດລວມຕົວດັບ O_2 ແລະ ຄະຕະໄລຊ໌ການລວມຕົວລະຫວ່າງ RuBP ກັບ O_2 ເຊິ່ງໃຫ້ຜົນຜະລິດເປັນ 3-PGA ພຽງ 1 ໂມເລກຸນ, ສ່ວນອີກ 1 ໂມເລກຸນເປັນສານປະກອບທີ່ມີ 2 ອາຕອມຄາບອນຊື່: 2-phosphoglycolate (2-PGA) , 2-PGA ຈະຖືກປ່ຽນເປັນ 3-PGA ເພື່ອທີ່ຈະກັບເຂົ້າສູ່ວັດທະຈັກຄາລວິນ, ເພື່ອສ້າງເປັນນ້ຳຕານຕໍ່ໄປ, ໃນການປ່ຽນ 2-PGA ໃຫ້ເປັນ 3-PGA ນັ້ນປະກອບດ້ວຍປະຕິກິລິຍາຫຼາຍຂັ້ນຕອນເອີ້ນວ່າ: C2 Carbon Oxidation Cycle ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນອໍແກແນລ ເຖິງ 3 ຊະນິດໃນໂບພືດຄື: Chloroplast, Peroxisome ແລະ Mitochondria. ປະຕິກິລິຍາໃຊ້ອົກຊີແຊນຈະເກີດຂຶ້ນໃນ Peroxisome, ສ່ວນປະຕິກິລິຍາຄາຍຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ຈະເກີດຂຶ້ນໃນ Mitochondria, ສະນັ້ນຈຶ່ງເປັນທີ່ມີຂອງຄຳວ່າ Photorespiration. ການຄະຕະໄລຊ໌ໄດ້ທັງປະຕິກິລິຍາລວມຕົວລະຫວ່າງ RuBP ກັບ CO_2 ແລະ RuBP ກັບ CO_2 ເປັນ ຄຸນສົມບັດຂອງ Rubisco ຕັ້ງແຕ່ເລີ້ມມີວິວັດທະນາການຂອງຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງເມື່ອປະມານ 3,000 ລ້ານປີທີ່ແລ້ວ ເຊິ່ງບັນຍາກາດໃນຂະນະນັ້ນມີ CO_2 ສູງກວ່າ O_2 ດັ່ງນັ້ນ ຂະບວນການ Photorespiration ຈຶ່ງເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍ ແລະ ບໍ່ມີຜົນເສຍຫາຍຫຼາຍ.



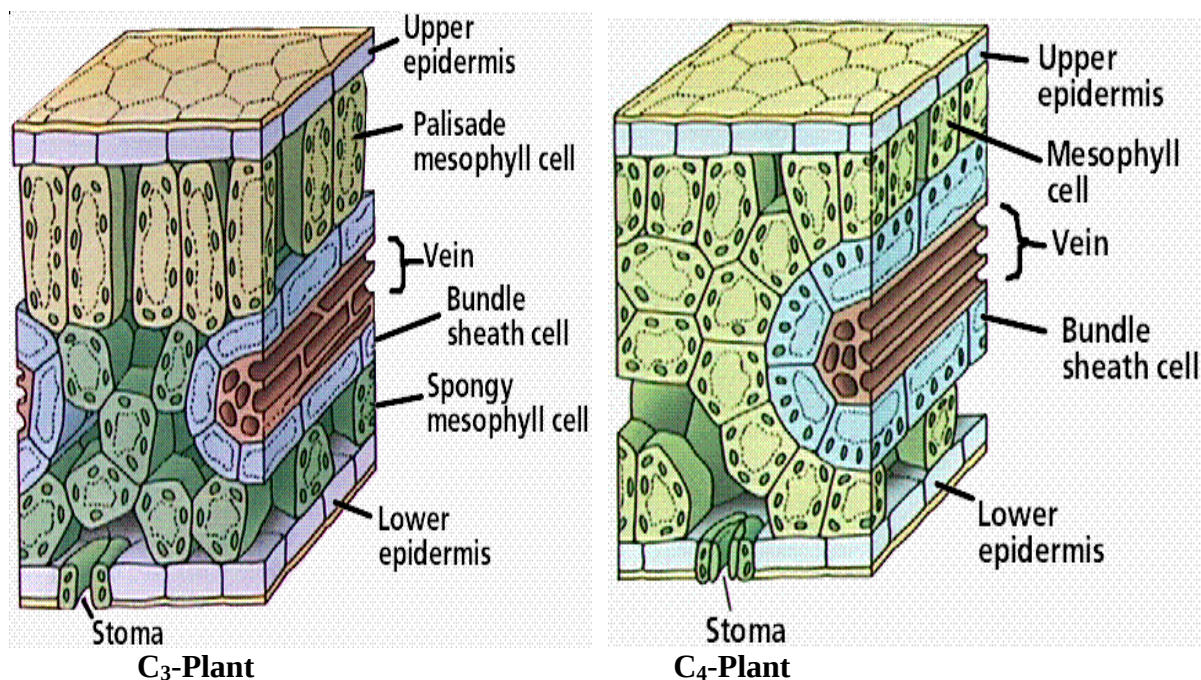
ແຕ່ເມື່ອບັນຍາກາດໂລກປ່ຽນແປງໂດຍມີ O₂ (20%) ຫຼາຍກວ່າ CO₂ (0,03%) ຂະບວນການ Photorespiration ຈຶ່ງເກີດຂຶ້ນໃນອັດຕາສູງ, ໂດຍສະເພາະໃນສະພາບອາກາດຮ້ອນ, ແຫ້ງແລ້ງ ແລະ ແສງແດດ ກ້າ, ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ປາກໃບປິດ ແລະ CO₂ ເຂົ້າສູ່ໃບໄດ້ໜ້ອຍ. ແນວໃດກໍ່ຕາມໃນລະຫວ່າງວິວັດທະນາການຫຼາຍ

ຮ້ອຍລ້ານປີຂອງພືດຂຶ້ນສູງໄດ້ມີພືດ 2 ກຸ່ມ ເຊິ່ງວິວັດທະນາການປັບວິທີເມຕາໂບລິສຊົມຂອງການສັງເຄາະແສງ, ເພື່ອໃຫ້ຂະບວນການ Photorespiration ເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍທີ່ສຸດ ຫຼື ບໍ່ເກີດເລີຍ, ພືດ 2 ກຸ່ມນັ້ນໄດ້ແກ່: ພືດ C4 ແລະ ພືດ CAM

V. ພືດ C₄

ເປັນພືດທີ່ປັບການຕັດສິນຄາຣບອນໄດອອກໄຊດ໌ ໂດຍວິທີ C₄ (C₄ pathway) ເພີ່ມຂຶ້ນມາອີກຂັ້ນຕອນໜຶ່ງ ກ່ອນຈະມີການຕັດສິນ CO₂, ຜົນຜະລິດຕົວທຳອິດຂອງການຕັດສິນ CO₂ ໂດຍວິທີ C₄ ເປັນສານປະກອບທີ່ມີອາຕອມຄາຣບອນ 4 ອາຕອມຄື: Oxaloacetate ຈຶ່ງອີ້ນພືດກຸ່ມນີ້ວ່າພືດ C₄, ຈາກການສຶກສາໃນປະຈຸບັນພືດ C₄ ຫຼາຍກວ່າ 1,000 ຊະນິດໃນ 19 ຕະກູນ, ເຊິ່ງພືດ C₄ ທີ່ມີຄວາມສຳຄັນຕໍ່ກະເສດຕະກອນໄດ້ແກ່: ອ້ອຍ, ເຂົ້າໂພດ, ເຂົ້າຝາງ ເປັນຕົ້ນ.

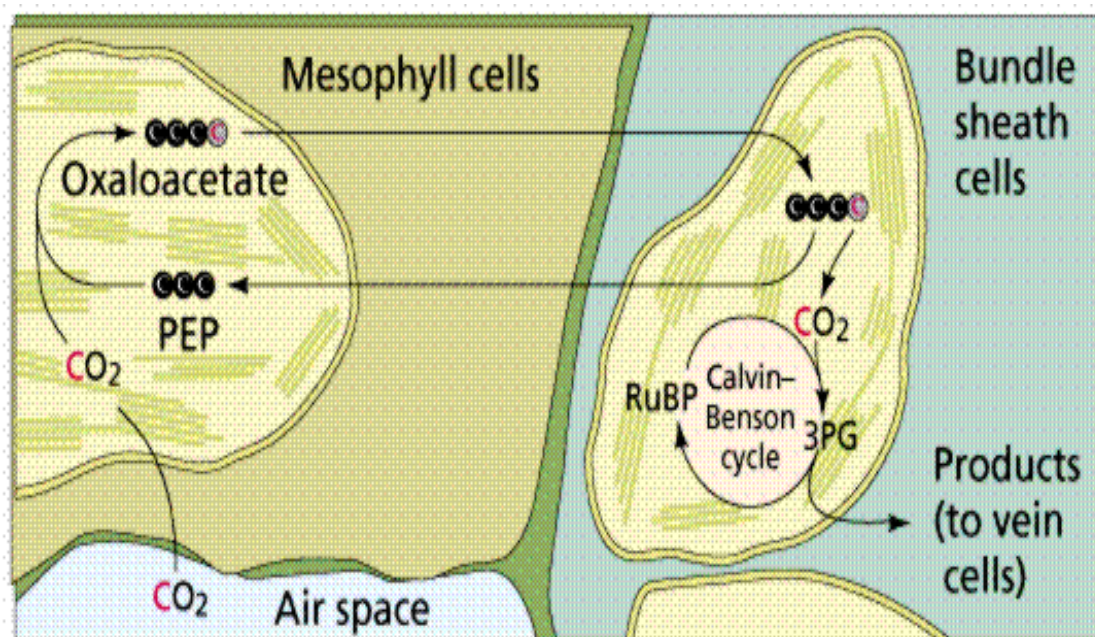
ພືດ C₄ ມີໂຄງສ້າງທີ່ເປັນເອກະລັກຄື: ຈະປະກອບດ້ວຍຈຸລັງ 2 ຈຳພວກທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ໃນການສັງເຄາະແສງຄື: ຈຸລັງບັນເດີລຊິທ (Bundlesheath cell) ເຊິ່ງລຽງຕົວເປັນວົງແໜ້ນອ້ອມຮອບເສັ້ນໃບ ແລະ ຈຸລັງເມໂຊຟິລ (Mesophyll cell) ດັ່ງຮູບລຸ່ມນີ້:



ຮູບ 1.18 ສະແດງຄວາມແຕກຕ່າງຂອງໂຄງສ້າງພາຍໃນຂອບໃບພືດ C₃ (ຮູບຊ້າຍ) ກັບພືດ C₄ (ຮູບຂວາ)

ກົາສ CO₂ ທີ່ເຂົ້າມາທາງປາກໃບຈະເຄື່ອງທີ່ເຂົ້າສູ່ໄຊໂທຟລາສຊົມຂອງຈຸລັງ Mesophyll ຈາກນັ້ນຈະຖືກຕັດສິນໂດຍການທຳປະຕິກິລິຍາກັບ Phosphoenolpyruvate (PEP) ໂດຍກົດຈະກຳຂອງເອັນໄຊມ PEP carboxylase, ຜົນຜະລິດທີ່ໄດ້ຄື: Oxaloacetate ທີ່ມີ 4 ອາຕອມຄາຣບອນ, ຈາກນັ້ນ Oxaloacetate ຈະຖືກຮີດົວຊໍ ເປັນ Malate ເຊິ່ງຈະເຄື່ອນທີ່ອອກຈາກ Mesophyll ຜ່ານພລາສໂມເດມາຕາເຂົ້າສູ່ Bundlesheath cell, ຈາກນັ້ນ Malate ຈະຖືກຍ່ອຍເປັນ Pyruvate ແລະ CO₂, CO₂ ທີ່ຖືກປົດປ່ອຍອອກມານີ້ຈະຖືກຕັດສິນອີກຄັ້ງໜຶ່ງໂດຍ Rubisco ພາຍໃນ chloroplast ຂອງ Bundlesheath cell, ສ່ວນ Pyruvate ຈະກັບສູ່ Mesophyll cell ເພື່ອປ່ຽນເປັນ PEP ເຊິ່ງຈະກັບໄປທຳປະຕິກິລິຍາກັບ CO₂ ໂມກຸນໃໝ່ຕໍ່ໄປ

PEP carboxylase ມີປະສິດທິພາບໃນການຈັບຕົວກັບ CO_2 ໄດ້ສູງກວ່າ Rubisco ຫຼາຍ, ດັ່ງນັ້ນໃນສະພາບທີ່ CO_2 ພາຍໃນໃບຕໍ່ເນື່ອງຈາກອາກາດຮ້ອງ, ແຫ້ງແລ້ງ ແລະ ປາກໃບເປີດນ້ອຍ, ພຶດ C_4 ຍັງສາມາດຈັບ CO_2 ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບໂດຍກົດຈະກຳຂອງ PEP carboxylase, ປະກອບກັບກົນໄກການຂົນສົ່ງອາຊິດ C_4 ທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງເຮັດໃຫ້ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ CO_2 ພາຍໃນ chloroplast ຂອງ Bundle sheath cell ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງ, ດັ່ງນັ້ນອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງຄວາມເຂັ້ມຂອງ CO_2 ຈຶ່ງສູງກວ່າ O_2 , ເອີ້ນໄຊມ Rubisco ຈຶ່ງຄະຕະໄລຊ໌ປະຕິກິລິຍາລວມຕົວລະຫວ່າງ RuBP ກັບ CO_2 ໄດ້ໃນອັດຕາທີ່ສູງກວ່າການລວມຕົວລະຫວ່າງ RuBP ກັບ CO_2 ຫຼື ບໍ່ເກີດເລີຍ, ພຶດ C_4 ຈຶ່ງບໍ່ສູນເສຍຄາຣ໌ບອນໂດຍຂະບວນການ Photorespiration. ດັ່ງນັ້ນ, ພຶດ C_4 ຈຶ່ງເປັນພຶດທີ່ປັບຕົວໃຫ້ມີປະສິດທິພາບການສັງເຄາະແສງສູງພຶດ C_3 ໃນສະພາບທີ່ຮ້ອນ, ແຫ້ງແລ້ງ ແລະ ແສງແດດກ້າ



ຮູບ 1.19 ສະແດງຂັ້ນຕອນແລະວິທີການເກີດຄາບອນໃນພຶດ C_4

VI. ພຶດ CAM

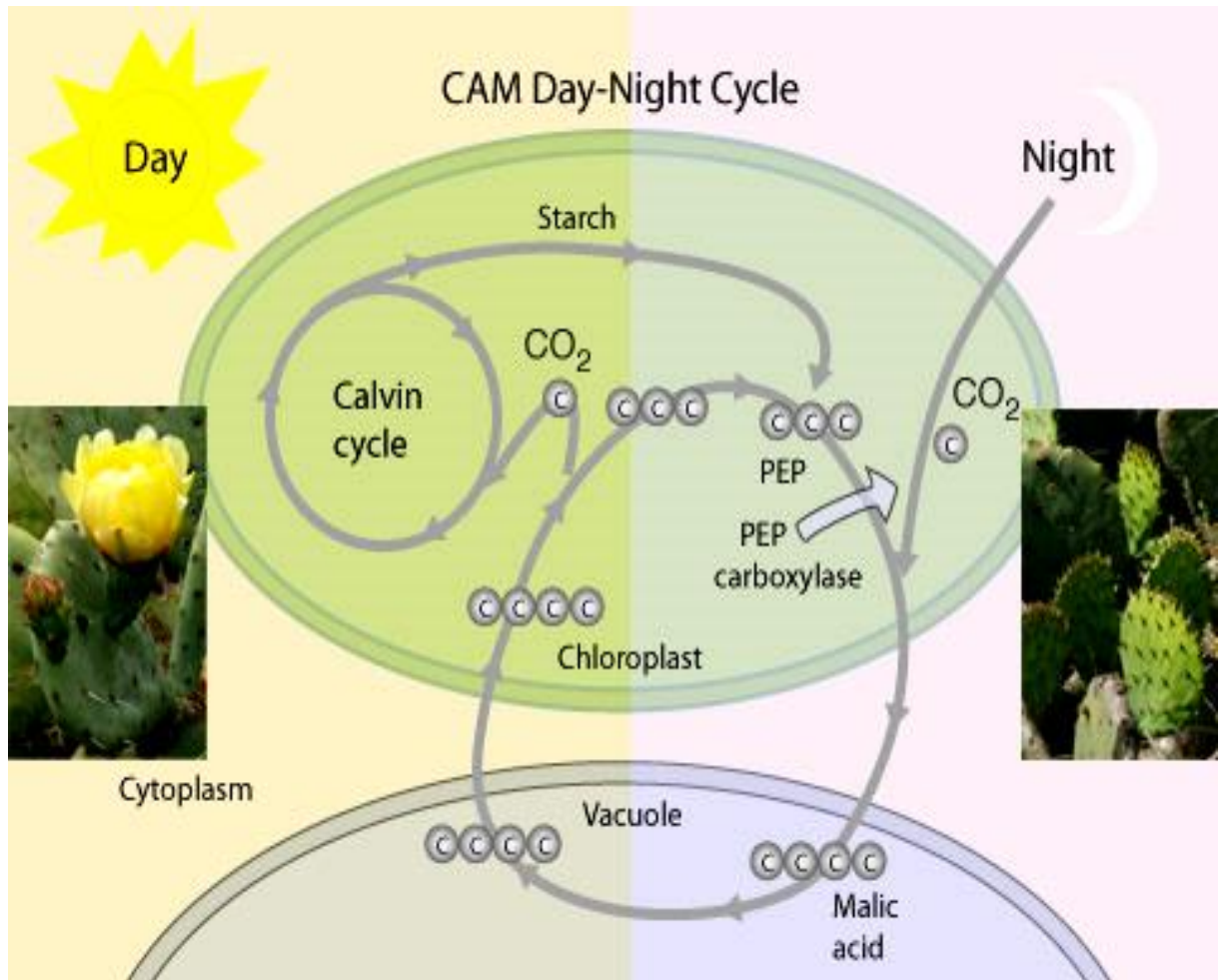
ເປັນພຶດທີ່ປັບວິຖີເມຕາໂບລິສຊົມຂອງການສັງເຄາະແສງ, ເພື່ອເພີ່ມປະສິດທິພາບໃນການສັງເຄາະແສງໃນສະພາບແວດລ້ອມທີ່ແຫ້ງແລ້ງ, ພຶດກຸ່ມນີ້ມີລັກສະນະອອບນໍ້າຕົວຢ່າງ: ກະບອງເພັດ, ກ້ວຍໄມ້ ແລະ ໝາກນັດເປັນຕົ້ນ, ພຶດເຫຼົ່ານີ້ຈະປິດປາກໃບໃນຍາມກາງເວັນ ແລະ ເປີດປາກໃບໃນຍາມກາງຄືນ ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນການສູນເສຍນໍ້າ, ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງມີວິຖີການເກີດ CO_2 ເປັນແບບຈະເພາະຕົວເອີ້ນວ່າ: Crassulacean Acid Metabolism (CAM)

ວິທີການແມ່ນເລີ່ມຈາກເວລາກາງຄືນປາກໃບຈະເປີດ, CO_2 ຈະເຂົ້າສູ່ Mesophyll cell ຂອງໃບ ແລ້ວຖືກເກີດໂດຍໄປປະຕິກິລິຍາກັບ Phosphoenolpyruvate (PEP) ໂດຍກົດຈະກຳຂອງ PEP Carboxylase ຄືກັບພຶດ C_4

ສໍາລັບພຶດ CAM ຕົ້ນຕໍຂອງ PEP ແມ່ນໄດ້ມາຈາກການສະຫຼາຍຕົວຂອງອາຫານສະສົມຈໍາພວກ carbohydrate, ຜົນຜະລິດຂອງປະຕິກິລິຍາແມ່ນອາຊິດ Oxaloacetate ຫຼື ອາຊິດ C_4 ຈະຖືກຮີດົວຊໍເປັນ Malate ແລະ ສະສົມໄວ້ໃນ Vacuole ໃນຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ສູງຕະຫຼອດຄືນ, ສ່ວນໃນເວລາກາງເວັນເມື່ອມີແສງ

ປາກໃບຈະປິດ, Malate ຈະຖືກຂົນສົ່ງອອກຈາກ Vacuole ຈາກນັ້ນຈະຖືກປ່ຽນເປັນ Pyruvate ແລະ CO_2 , ຈາກນັ້ນ CO_2 ຈະຖືກຕັ້ງອີກຄັ້ງໂດຍ Rubisco ພາຍໃນ Chloroplast, ສ່ວນ Pyruvate ຈະປ່ຽນກັບໄປເປັນ carbohydrate ແລ້ວສະສົມໄວ້ເພື່ອນຳອອກມາປ່ຽນເປັນ PEP ໃນເວລາກາງຄືນ

ກົນໄກການເຮັດໃຫ້ຄວາມເຂັ້ມຂຸນຂອງ CO_2 ສູງໃນ Chloroplast ໃນເວລາກາງຄືນ, ເຮັດໃຫ້ມີຄວາມເຂັ້ມຂອງ CO_2 ມີຄ່າສູງກວ່າ O_2 , Rubisco ຈຶ່ງຕະລາຍໄຊຊ໌ປະຕິກິລິຍາ $\text{RuBP} + \text{CO}_2$ ໃນອັດຕາທີ່ສູງ ແລະ ຕະລາຍໄຊຊ໌ປະຕິກິລິຍາ $\text{RuBP} + \text{CO}_2$ ໃນອັດຕາທີ່ຕ່ຳຫຼາຍ ຫຼື ບໍ່ເກີດເລີຍສະນັ້ນພືດ CAM ຈຶ່ງບໍ່ສູນເສຍຄາບອນໂດຍຂະບວນການໂຟໂຕເຣສໄຟເຣຊັນ



ຮູບ 1.20: ສະແດງການຕັ້ງຄາບອນ ແລະ ການສັງເກດແສງໃນພືດ CAM

ຕາຕະລາງ 1.2: ປຽບທຽບຂະບວນການສັງເກດແສງຂອງພືດ C_3 , C_4 ແລະ CAM

ລັກສະນະ	C_3	C_4	CAM
ການຕັ້ງ CO_2 ໃນເປັນນ້ຳຕານ	ມີກົນໄກຂອງວັດທະຈັກຄາລວິນໃນຄໍໂຣພລາສ	ມີກົນໄກຂອງວັດທະຈັກຄາລວິນໃນຄໍໂຣພລາສ	ມີກົນໄກຂອງວັດທະຈັກຄາລວິນໃນຄໍໂຣພລາສ

ຂັ້ນຕອນການຕັ້ງ CO ₂	ເມື່ອ CO ₂ ເຂົ້າສູ່ຈຸລັງເມ ໂຊຟິລຂອງໂບຈະຖືກຕັ້ງ ໂດຍ Rubisco ແລ້ວເຂົ້າ ສູ່ວັດທະຈັກຄາລວິນ ທັນທີ	CO ₂ ທີ່ເຂົ້າສູ່ໂບຖືກຕັ້ງໃຫ້ຢູ່ໃນຮູບຂອງອາຊິດ C4 ໂດຍ PEP Carboxylase, ຈາກນັ້ນ CO ₂ ຈະຖືກ ຕັ້ງອອກຈາກອາຊິດ C4 ແລະວ່າຈຶ່ງຖືກຕັ້ງໂດຍ Rubisco ຂອງວັດທະຈັກຄາລວິນເພື່ອສ້າງນໍ້າຕານຕໍ່ ໄປ	
ແຫຼ່ງທີ່ເກີດການຕັ້ງ CO ₂ ຄັ້ງທໍາອິດ	Mesophyll cell	Mesophyll cell	Mesophyll cell
ແຫຼ່ງທີ່ເກີດການຕັ້ງ CO ₂ ຄັ້ງທີສອງ	-	Chloroplast ຂອງ Bundle sheath	Mesophyll cell
ໄລຍະຫ່າງລະຫວ່າງ ການຕັ້ງຄັ້ງທີ 1 ກັບ 2	-	1-2 ນາທີ	ຄັ້ງທີ 1 ກາງຄືນ ຄັ້ງທີ 2 ກາງເວັນ
ຜົນການຕັ້ງ CO ₂	ການຕັ້ງ CO ₂ ພຽງຄັ້ງດຽວ ໃນສະພາບອາກາດຮ້ອນ ແຫ້ງແລ່ງເຮັດໃຫ້ຂະບວນ ການໂຟໂຕເຣສໄພເຣຊັນ ເກີດຂຶ້ນໃນອັດຕາສູງເຮັດ ໃຫ້ປະສິດທິພາບໃນການ ສັງເຄາະສູງຫຼຸດລົງ	ການຕັ້ງ CO ₂ ທັງສອງຄັ້ງເປັນກົນໄກທີ່ຊ່ວຍເພີ່ມຄວາມ ເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ CO ₂ ພາຍໃນ Chloroplast ເຊິ່ງເປັນທີ່ຢູ່ ຂອງ Rubisco, ຈຶ່ງຊ່ວຍເພີ່ມປະສິດທິພາບໃນການຕັ້ງ CO ₂ ແລະ ຫຼຸດອັດຕາການເກີດໂຟໂຕເຣສໄພເຣຊັນ	

ຜົນຜະລິດຈາກການສັງເຄາະແສງຂອງຈຸລັງເມໂຊຟິລຂອງໂບພຶດສ່ວນໜຶ່ງຈະຖືກນໍາໃຊ້ໃນຂະບວນການ
ຫາຍໃຈ ແລະ ນໍາໄປສ້າງສານປະກອບຕ່າງໆເພື່ອການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຈຸລັງນັ້ນໆ, ສ່ວນທີ່ເຫຼືອໃຊ້ຈໍາຖືກຂົນສົ່ງ
ອອກຈາກເມໂຊຟິລໃນຮູບຂອງ Sucrose ສົ່ງໄປຕາມທໍ່ລໍາລຽງອາຫານເພື່ອລ້ຽງສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດທີ່ບໍ່ສາມາດສັງ
ເຄາະແສງໄດ້ເຊັ່ນ: ຮາກ, ລໍາຕົ້ນ, ດອກ, ໝາກ, ແກ່ນ ແລະ ຍອດອ່ອນ ເປັນຕົ້ນ, ເຊິ່ງ Sucrose ທີ່ຖືກລໍາລຽງໄປ
ສ່ວນຕ່າງໆຈະຖືກປ່ຽນເປັນ Glucose ແລະ Fructose ເພື່ອນໍາໃຊ້ໃນຂະບວນການຫາຍໃຈເພື່ອສ້າງ ATP, ສານ
ຕົວກາງໃນຂັ້ນຕອນຕ່າງໆຂອງການຫາຍໃຈຈະຖືກປ່ຽນເປັນສານປະກອບຕ່າງໆທີ່ຈໍາເປັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕ
ແລະ ການເຮັດວຽກຂອງຈຸລັງບໍ່ວ່າຈະເປັນໂປຼຕິນ, ລິປິດ, pigment ຮໍໂມນ ແລະ ສານປະກອບທຸກຢູ່ຕ່າງໆ,
ເມື່ອສັດທີ່ກິນພືດສານອາຫານຕ່າງໆໃນເນື້ອເຍື່ອພືດຈະຖືກນໍາໄປໃຊ້ໃນຂະບວນການຫາຍໃຈ ແລະ ການຈະເລີນ
ເຕີບໂຕຂອງສັດໃດ ດັ່ງນັ້ນ, ພືດ ແລະ ສິ່ງມີຊີວິດທີ່ສັງເຄາະແສງຈຶ່ງເປັນຜູ້ຜະລິດຂັ້ນໜຶ່ງ ເຊິ່ງປ່ຽນພະລັງງານແສງ
ອາທິດໃຫ້ເປັນພະລັງງານເຄມີໃນໂມເລກຸນຂອງອາຫານ ເຊິ່ງຫຼໍ່ລ້ຽງສິ່ງມີຊີວິດທີ່ບໍ່ສາມາດສ້າງອາຫານເອງໄດ້ລວມ
ທັງມະນຸດ.

VII. ປັດໃຈທີ່ມີອິດທິພົນຕໍ່ການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ

ຜົນຜະລິດຂອງພືດຈະສູງ ຫຼື ຕໍ່າຂຶ້ນຢູ່ກັບອັດຕາການສັງເຄາະແສງ ແລະ ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຈະໄວ ຫຼື
ຊ້າກໍາຖືກກໍານົດດ້ວຍເງື່ອນໄຂຫຼາຍຢ່າງທັງພາຍໃນຂອງພືດເອງແລະປັດໃຈພາຍນອກຄືສິ່ງແວດ ລ້ອມ

1. ປັດໃຈພາຍໃນພືດ

1.1. ໂຄງສ້າງຂອງໃບ ເຊັ່ນ: ຂະໜາດ, ຕຳແໜ່ງ, ພຶດຕິກຳຂອງປາກໃບ ແລະ ປະລິມານຂອງຊ່ອງວ່າງລະຫວ່າງຈຸລັງ, ໂຄງສ້າງເຫຼົ່ານີ້ລ້ານແຕ່ມີຜົນຕໍ່ອັດຕາການເຄື່ອນທີ່ຂອງຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ຈາກອາກາດເຂົ້າສູ່ຄໍໂຣພລາສ ນອກນີ້ຄວາມໜາຂອງຊັ້ນຄິວທິເຄິລ ແລະ ເອພິເດມີສ, ການລຽງຕົວຂອງຈຸລັງມີໂຊຟິລລ໌ ແລະ ການລຽງຕົວຂອງຄໍໂຣພລາສໃນຈຸລັງມີໂຊຟິລລ໌ກໍມີຜົນຕໍ່ປະລິມານ ແລະ ຄຸນນະພາບຂອງແສງທີ່ຖືກເຖິງຄໍໂຣພລາ

1.2. ໂປຼໂຕພລາສຊິມ, ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຂຶ້ນຢູ່ກັບໂປຼໂຕພລາສຊິມອີກດ້ວຍ ຖ້າໂປຼໂຕພລາສຊິມຢູ່ໃນສະພາບຂາກນ້ຳ, ຄໍໂຣພລາສກໍຈະສັງເຄາະແສງໄດ້ຊ້າລົງ ຫຼື ຖ້າມີສິ່ງລົບກວນການເຮັດວຽກຂອງເອັນໄຊ ເຊັ່ນ: ອຸນຫະພູມສູງເກີນໄປ ຫຼື pH ບໍ່ເໝາະສົມຈະເຮັດໃຫ້ການສັງເຄາະແສງຢຸດຊະກັດໄດ້

1.3. ການສະສົມຜົນຜະລິດຈາກການສັງເຄາະແສງ, ຕາມປົກກະຕິຫຼັງ CO_2 ຖືກປ່ຽນເປັນນ້ຳຕານແລ້ວ, ນ້ຳຕານຈະຖືກກຳຈັດອອກໄປຈາກບໍລິເວນທີ່ມີການສັງເຄາະແສງຢ່າງໄວວາ, ໂດຍຖືກເຄື່ອນຍ້າຍຈາກຈຸລັງມີໂຊຟິລລ໌ ເຂົ້າໄປໃນທໍ່ໂຟລແອັມຢ່າງໄວວາ ຫຼື ໂດນການປ່ຽນນ້ຳຕານໃຫ້ເປັນແປັງ, ແຕ່ເມື່ອໃດທີ່ຂະບວນການກຳຈັດນ້ຳຕານເກີດຂຶ້ນຊ້າກວ່າອັດຕາການສັງເຄາະແສງ, ກໍຈະເຮັດໃຫ້ມີການສົມສົມນ້ຳຕານຂຶ້ນໃນຈຸລັງມີໂຊຟິລລ໌, ຖ້າປະລິມານນ້ຳຕານສູງຂຶ້ນພາຍໃນຈຸລັງມີໂຊຟິລລ໌ ຈະຢັບຢັ້ງອັດຕາການສັງເຄາະແສງ, ເປັນການຄວບຄຸມເມຕາໂບລິສຊິມໂດຍການຢັບຢັ້ງແບບຢ້ອນກັບ

2. ປັດໃຈພາຍນອກ

2.1. ອຸນຫະພູມ, ພຶດຕິກຳສ່ວນໃຫຍ່ຈະສັງເຄາະດ້ວຍແສງໄດ້ດີລະຫວ່າງອຸນຫະພູມ 10-35 ອົງສາເຊ, ພຶດທີ່ເກີດໃນເຂດໜາວຈັດມັກມີອັດຕາການສັງເຄາະແສງ ແລະ ການຈະເລີນເຕີບໂຕຕໍ່ກວ່າພຶດໃນເຂດອົບອຸ່ນ, ຖ້າອຸນຫະພູມສູງກວ່າ 40 ອົງສາເຊ ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຂອງພຶດທົ່ວໄປຈະຫຼຸດລົງຢ່າງໄວວາ, ຍົກເວັ້ນພຶດ C4 ເຊິ່ງຍັງສາມາດສັງເຄາະແສງໄດ້ດີຈົນກະທັ້ງເຖິງອຸນຫະພູມ 45 ອົງສາເຊ, ໃນຂະນະທີ່ພຶດຕະກຸນສິນສາມາດສັງເຄາະແສງໄດ້ຢ່າງຊ້າຫຼາຍທີ່ອຸນຫະພູມ - 6 ອົງສາເຊ, ພຶດໃນເຂດແອນຕາກຕິກາບາງຊະນິດສາມາດສັງເຄາະແສງໄດ້ທີ່ອຸນຫະພູມ -18 ອົງສາເຊ ແລະ ອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມໃນການສັງເຄາະແສງເທົ່າກັບ 0 ອົງສາເຊ, ໃບຂອງພຶດຂຶ້ນສູງທົ່ວໄປອາດຈະມີອຸນຫະພູມສູງເຖິງ 35 ອົງສາເຊໃນຂະນະທີ່ໄດ້ຮັບແສງ, ແຕ່ການສັງເຄາະແສງຍັງດຳເນີນໄປໄດ້.

ສະນັ້ນ ຜົນຂອງອຸນຫະພູມຕໍ່ການສັງເຄາະແສງຈຶ່ງຂຶ້ນຢູ່ກັບຊະນິດຂອງພຶດ ແລະ ສະພາບແວດລ້ອມທີ່ພຶດຈະເລີນເຕີບໂຕເຊັ່ນ: ພຶດທະເລຊາຍຈະມີອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມສູງກວ່າພຶດພຶດໃນເຂດອາກຕິກ, ພຶດທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕໃນເຂດອຸນຫະພູມຕໍ່າເຊັ່ນ: ເຂົ້າໂພດ, ເຂົ້າຝ້າງ, ຝ້າຍ ແລະ ຖົ່ວເຫຼືອງຈະມີອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມສູງກວ່າພຶດທີ່ຈະເລີນໄດ້ດີໃນເຂດອຸນຫະພູມຕໍ່າເຊັ່ນ: ມັນຝຣັ່ງ ແລະ ເຂົ້າໂອດ.

ໂດຍທົ່ວໄປອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມໃນການສັງເຄາະແສງຂອງພຶດແຕ່ລະຊະນິດຈະໃກ້ຄຽງກັນກັບອຸນຫະພູມຂອງສະພາບແວດລ້ອມຕອນກາງເວັນໃນເຂດນັ້ນໆ ແລະ ຕາມປົກກະຕິພຶດ C4 ຈະມີອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມຕໍ່ການສັງເຄາະແສງສູງກວ່າພຶດ C3, ຄ່າ Q_{10} ຂອງການສັງເຄາະແສງປະມານ 2-3 ແລະ ອຸນຫະພູມຈຸມືຜົນຕໍ່ Light Reaction ໜ້ອຍທີ່ສຸດເມື່ອປຽບທຽບກັບ Enzymatic Reaction

2.2. ແສງ, ພາຍໃຕ້ພາວະທີ່ອຸນຫະພູມ ແລະ ປະລິມານ CO_2 ພໍເໝາະ ອັດຕາການສັງເຄາະແສງເພີ່ມຂຶ້ນເມື່ອຄວາມເຂັ້ມ ຫຼື ປະລິມານແສງເພີ່ມຂຶ້ນເລື້ອຍຈົນເຖິງຈຸດອີ່ມຕົວ, ເຊິ່ງເຖິງແມ່ນວ່າຈະໄດ້ຮັບແສງເຂັ້ມກວ່າລະດັບນັ້ນອັດຕາການສັງເຄາະແສງກໍຈະບໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນອີກ, ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງແສງທີ່ເຮັດໃຫ້ພຶດສ່ວນໃຫຍ່ມີອັດຕາການສັງເຄາະແສງອີ່ມຕົວຈະມີຄ່າຢູ່ລະຫວ່າງ 25-50% ຂອງແສງແດດເຕັມທີ່ ແລະ ຖ້າໄດ້ຮັບແສງເຂັ້ມຈັດຈົນເກີນໄປເຊັ່ນໃນທະເລຊາຍ, ຄໍໂຣຟິລລ໌ອາດຖືກທຳລາຍໄດ້, ດັ່ງນັ້ນພຶດທີ່ເກີດໃນເຂດນີ້ຈຶ່ງຕ້ອງປັບຕົວເພື່ອຫຼຸດຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງທີ່ຖືກເຖິງຄໍໂຣພລາສ ໂດຍການສ້າງຄິວທິເຄິລໜາມາເຄືອບໃບ, ສ້າງຊັ້ນເອພິເດມີສທີ່ໜາເປັນພິເສດ,

ລວມທັງສ້າງຂົນສົ່ງກຸ່ມຜົວໃບ, ໃນທາງກົງກັນຂ້າມພືດທີ່ເກີດຢູ່ໃນບໍລິເວນແສງອາດນ້ອຍເຊັ່ນໃນພື້ນລຸ່ມໃນປ່າຕິບຈະມີແຜ່ນໃບຂ້ອນຂ້າງກວ້າງ ແລະ ບາງກວ່າພືດທີ່ຢູ່ບ່ອນໄລ່ ແລະ ມີຊັ້ນຄິວທີ່ເຄີລທີ່ບາງລົງ

2.3. ຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌, ປະລິມານ CO_2 ເປັນປັດໃຈທີ່ຈຳກັດອັດຕາການສັງເຄາະແສງຫຼາຍກວ່າປັດໃຈອື່ນໆ ເພາະໃນບັນຍາກາດມີ CO_2 ຢູ່ພຽງ 0,03% ແລະ ນັກວິທະຍາສາດໄດ້ຄິດໄລ່ໄວ້ວ່າປະລິມານຂອງ CO_2 ທີ່ມີໃນບັນຍາກາດຂະນະນີ້ຈະຖືກພືດທັງໂລກດູດໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະແສງໝົດພາຍໃນເວລາ 22 ປີເທົ່ານັ້ນ, ຖ້າບໍ່ທົດແຫຼ່ງສ້າງ CO_2 ຂຶ້ນມາທົດແທນ. ດັ່ງນັ້ນຂະບວນການປ່ຽນແປງຕ່າງໆທີ່ປົດປ່ອນ CO_2 ອອກມາບໍ່ວ່າຈະເປັນການຫາຍໃຈ, ການຍ່ອຍສະລາຍຊາກພືດຊາກສັດ, ການເຜົາໄໝ້ເຊື້ອໄຟ ແລະ CO_2 ທີ່ລະລາຍຢູ່ໃນມະຫາສະໝຸດຈຶ່ງມີຄວາມສຳຄັນໃນການສ້າງ CO_2 ໃຫ້ແກ່ບັນຍາກາດ ເພື່ອໃຫ້ພືດດູດໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ. ການສັງເຄາະແສງຈະເພີ່ມຂຶ້ນເມື່ອປະລິມານຂອງ CO_2 ໃນບັນຍາກາດເພີ່ມຂຶ້ນ, ຍົກເວັ້ນເວລາປາກໃບປິດເມື່ອຂາດນ້ຳ

ຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງພືດ C_3 ແລະ C_4 ໃນແງ່ຂອງ CO_2 ຄື ຖ້າປະລິມານຂອງ CO_2 ຫຼຸດລົງຕໍ່າກວ່າສະພາບບັນຍາກາດປົກກະຕິແຕ່ແສງຍັງຢູ່ໃນລະດັບຄວາມເຂັ້ມເໝາະຈຸດ Light Compensation ພົບວ່າພືດ C_3 ຈະມີການສັງເຄາະແສງເປັນ 0, ຖ້າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ CO_2 50-100ສ່ວນຕໍ່ລ້ານ, ແຕ່ພືດ C_4 ຈະຍັງເກີດການສັງເຄາະແສງໄດ້ຕໍ່ໄປເຖິງວ່າ CO_2 ຈະຕ່ຳພຽງ 0-5 ສ່ວນຕໍ່ລ້ານກໍ່ຕາມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ CO_2 ທີ່ຈຸດເຊິ່ງອັດຕາການສັງເຄາະແສງເທົ່າກັບອັດຕາການຫາຍໃຈເອີ້ນວ່າ CO_2 Compensation Point . ໃນຂ້າວໄພດມີ CO_2 Compensation Point ຢູ່ທີ່ 0 ສ່ວນຕໍ່ລ້ານ, ໃນຂະນະທີ່ດອກຜ່ານຕາເວັນມີຄ່າເຖິງ 50 ສ່ວນຕໍ່ລ້ານ.

ການເພີ່ມຄວາມເຂັ້ມຂອງ CO_2 ສູງຂຶ້ນໄປເລື້ອຍໆຈະມີຜົນເຮັດໃຫ້ເກີດການສັງເຄາະແສງໄດ້ລາຍຂຶ້ນ, ເມື່ອເພີ່ມສູງເປັນ 0,5% ພືດຈະມີການສັງເຄາະແສງໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນແຕ່ພືດຈະທົນໄດ້ໄລຍະໜຶ່ງຄືປະມານ 10-15 ວັນຫຼັງຈາກນັ້ນພືດຈະຊະງັກການຈະເລີນເຕີບໂຕ ໂດຍທົ່ວໄປພືດ C_4 ຈະທົນຕໍ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ CO_2 ໄດ້ດີກວ່າພືດ C_3

ຖ້າຄວາມເຂັ້ມຂອງ CO_2 ເພີ່ມຂຶ້ນຈາກລະດັບປົກກະຕິທີ່ມີໃນອາກາດ, ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຕະເພີ່ມສູງຂຶ້ນໄປຕາມຈົນເຖິງລະດັບໜຶ່ງເຖິງແມ່ນວ່າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ CO_2 ຈະສູງຂຶ້ນແຕ່ອັດຕາການສັງເຄາະແສງບໍ່ໄດ້ສູງຂຶ້ນໄປນຳ ແລະ ຖ້າຫາກວ່າພືດໄດ້ຮັບ CO_2 ທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງກວ່າລະດັບນ້ຳແລ້ວເປັນເວລາດົນໆຈະມີຜົນເຮັດໃຫ້ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຫຼຸດຕໍ່າລົງໄດ້

CO_2 ຈະມີຜົນຕໍ່ອັດຕາການສັງເຄາະແສງໄດ້ຫຼາຍຫຼືໜ້ອຍຂຶ້ນຢູ່ກັບປັດໃຈອື່ນອີກເຊັ່ນ: ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງຂຶ້ນແຕ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງແສງໜ້ອຍ ແລະ ອຸນຫະພູມຕໍ່າກວ່າກໍ່ລະນີ້ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຈະຫຼຸດລົງໄປນຳ, ໃນທາງກົງກັນຂ້າມຖ້າ CO_2 ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງຂຶ້ນ, ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງແສງ ແລະ ອຸນຫະພູມຂອງອາກາດກໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນກໍ່ລະນີ້ການສັງເຄາະແສງກໍ່ຈະສູງຂຶ້ນນຳ

2.4. ແຮ່ທາດ, ພືດຈຳເປັນຕ້ອງໄດ້ຮັບທາດ N, Mg ແລະ Fe ໃນປະລິມານທີ່ເໝາະສົມຈຶ່ງຈະສາມາດສັງເຄາະຄໍໂຣຟິລ໌ໄດ້ຕາມປົກກະຕິ ຖ້າຂາດທາດ 3 ຊະນິດນີ້ ໃບພືດຈະເຫຼືອງຊຶດເອີ້ນອາການນີ້ວ່າ Chlorosis ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ພືດສັງເຄາະແສງໄດ້ໜ້ອຍລົງ.

2.5. ນ້ຳ, ເມື່ອພືດຂາດນ້ຳອັດຕາການສັງເຄາະແສງຈະຫຼຸດລົງ, ເຊິ່ງໃນສະພາວະຂາດນ້ຳປາກໃບຈະປິດເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນການຄາຍນ້ຳ, ການເລກປ່ຽນ CO_2 ແລະ O_2 ໃນຂະນະທີ່ປາກໃບປິດກໍ່ຈະເປັນໄປໄດ້ຍາກມີຜົນເຮັດໃຫ້ຂາດແຄນ CO_2 ແລະ ອັດຕາການສັງເຄາະແສງຈະຫຼຸດລົງ, ສະນັ້ນໃນສະພາບນ້ຳຖ້ວມດິນຊຸມເກີນໄປດ້ວຍນ້ຳເຮັດໃຫ້ຮາກພືດຂາດ O_2 ທີ່ໃຊ້ໃນການຫາຍໃຈກໍ່ມີຜົນກະທົບເຖິງອັດຕາການສັງເຄາະແສງຄືກັນ

ບົດທີ 2

ການຄາຍນ້ຳ ແລະ ການລຳລຽງຂອງພືດ

(Transpiration and Translocation of Plant)

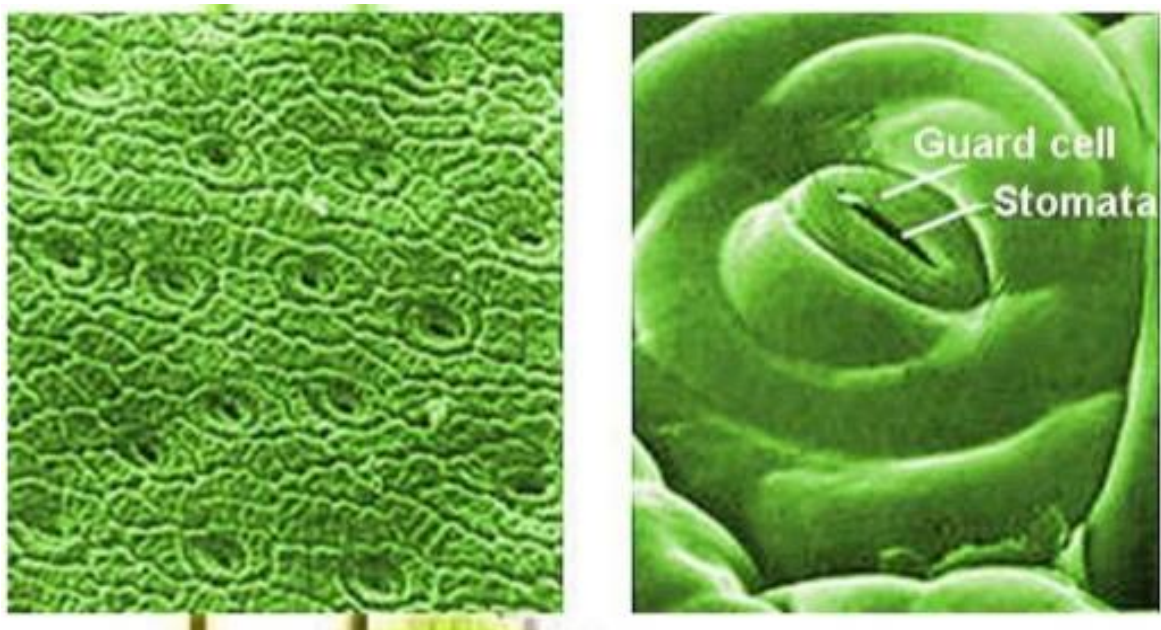
I. ການຄາຍນ້ຳຂອງພືດ (Transpiration)

ການຄາຍນ້ຳ (Transpiration) ເປັນຜົນທີ່ເກີດຂຶ້ນຕໍ່ເນື່ອງຈາກການເປີດຂອງປາກໃບ ເຊິ່ງມີຈຸດປະສົງຫຼັກເພື່ອແລກປ່ຽນກາສ, ແມ່ນການສູນເສຍນ້ຳຂອງພືດໃນຮູບແບບຂອງອ້າຍນ້ຳອອກສູ່ບັນຍາກາດພາຍນອກຜ່ານປາກໃບ (stomata) ເປັນສ່ວຍໃຫຍ່ປະມານ 90%. ເຊິ່ງພືດຄາຍນ້ຳປະມານ 98% ຂອງນ້ຳທັງໝົດທີ່ພືດດູດຂຶ້ນຈາກດິນ ແລະ ມີນ້ຳສ່ວນໜ້ອຍທີ່ພືດນຳໃຊ້ເຂົ້າໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມ.

ໃນວັນທີ່ອາກາດຮ້ອນ, ພືດທີ່ໄດ້ຮັບແສງແດດຈັດ, ຈຸລັງ ຫຼື ໃບພືດທີ່ຖືກອາກາດໂດຍກົງຈະສູນເສຍນ້ຳຢ່າງໄວວາ ເຊິ່ງອາດເປັນອັນຕະລາຍຕໍ່ພືດໄດ້, ສະນັ້ນພືດຈຶ່ງມີການປ້ອງກັນການສູນເສຍນ້ຳໂດຍການສ້າງໄຂ ຫຼື ຄິວຕິນ (cutin) ເຄືອບຜິວໃບ ແລະ ລຳຕົ້ນເອີ້ນຊື່ນີ້ວ່າ ຊັ້ນຄິວຕິເຄິລ (cuticle), ໃນສາຕິນແກ່ພືດຈະສ້າງສານຊູ

ເບຣິນໃນຊັ້ນຂອງຄອກ (cork) ເພື່ອປ້ອງກັນການລະເຫີຍອາຍຂອງນ້ຳ, ດັ່ງນັ້ນການຄາຍນ້ຳຂອງພືດສ່ວນໃຫຍ່ຈຶ່ງເກີດທີ່ຮູປາກໃບ ຫຼື ທີ່ເອີ້ນວ່າປາກໃບ (stomatal pore)

ປາກໃບເປັນສ່ວນຂອງຈຸລັງຜິວ ຫຼື ເອປີເດີມິສທີ່ປ່ຽນໄປເຮັດໜ້າທີ່ແລກປ່ຽນກາສ ແລະ ຄາຍນ້ຳ, ປະກອບດ້ວຍຈຸລັງຄຸມ (guard cell) 2 ຈຸລັງ ເຊິ່ງມີລັກສະນະພິເສດກວ່າຈຸລັງຜິວທົ່ວໄປຢູ່ບ່ອນວ່າຈຸລັງຄຸມມີຄໍໂຣພລາສຕ໌ ຈຶ່ງສາມາດສັງເກດເຫັນໄດ້, ຈຸລັງຄຸມທັງສອງນີ້ຈະຢູ່ຕິດກັນ ໂດຍທີ່ດ້ານທີ່ຕິດກັນຈະມີຂອງໜາ, ບໍລິເວນລະຫວ່າງຈຸລັງຄຸມທັງສອງຈະມີປາກໃບ ເມື່ອງຈຸລັງຄຸມຢູ່ໃນສະພາບຂາດນ້ຳຂະໜາດຂອງປາກໃບຈະແຄບ ແລະ ປິດເຮັດໃຫ້ນ້ຳບໍ່ສາມາດລະເຫີຍອອກທາງປາກໃບໄດ້, ແຕ່ໃນສະພາບທີ່ມີນ້ຳພຽງພໍຈະເຮັດໃຫ້ຈຸລັງຄຸມເກີດການຂະຫຍາຍຕົວ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຂອບດ້ານທີ່ບາງຈະຂະຫຍາຍຕົວອອກຫຼາຍກວ່າ ຈຶ່ງເກີດແຮງດຶງເຮັດໃຫ້ຂອບດ້ານໃນທີ່ໜາໂຄ້ງເຂົ້າ ເຊິ່ງເປັນສາເຫດເຮັດໃຫ້ປາກໃບເປີດ ແລະ ໃນສະພາບເຊັ່ນນີ້ນ້ຳຈະສາມາດລະເຫີຍອອກທາງປາກໃບໄດ້



ຮູບ2.1: ສະແດງລັກສະນະຂອງປາກໃບ

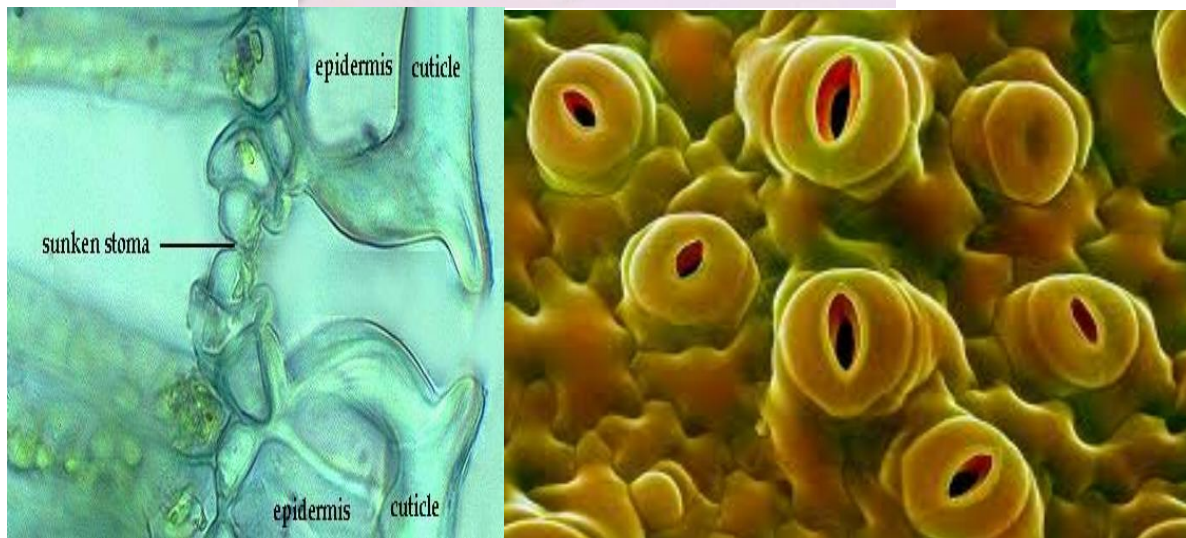
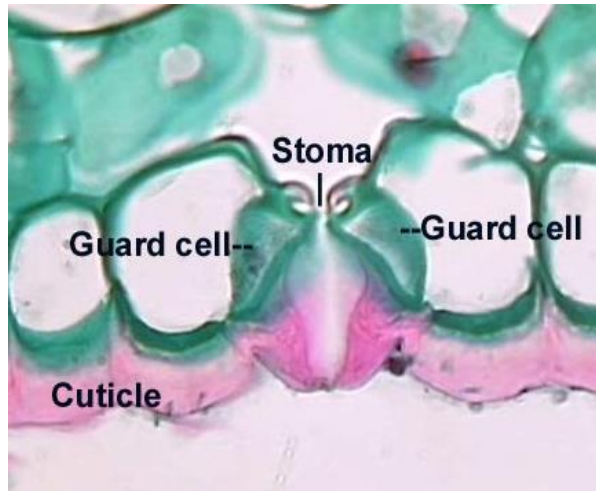
1. ຊະນິດຂອງປາກໃບ

ປາກໃບແບ່ງອອກເປັນ 3 ຊະນິດຄື:

1.1. ປາກໃບແບບທຳມະດາ (Typical stomata) ເປັນປາກໃບຂອງພືດທົ່ວໄປ, ໂດຍມີເຊລລ໌ຄຸມຢູ່ໃນລະດັບດຽວກັບເອພິເດີມິສ, ພືດທີ່ມີປາກໃບແບບນີ້ເປັນພວກທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕໃນບໍລິເວນທີ່ບໍ່ແຫ້ງ ຫຼື ບໍ່ຊຸ່ມ ຊຶ່ງຈົນເກີນໄປ (mesophyte)

1.2. ປາກໃບແບບຈົມ (Sunken stomata) ເປັນປາກໃບທີ່ຢູ່ເລິກເຂົ້າໄປໃນເນື້ອໃບ ໂດຍເຊລລ໌ຄຸມຈະຢູ່ເລິກກວ່າຫຼືຕໍ່າກວ່າຊັ້ນເອພິເດີມິສ, ພົບໃນພືດທີ່ຢູ່ບ່ອນແຫ້ງແລ້ງ (xerophyte) ເຊັ່ນ: ພືດທະເລຊາຍ, ພວກກະບອງເພັດ ແລະ ຍີ່ໂຖ

1.3. ປາກໃບແບບຍົກສູງ (Rised stomata) ເປັນປາກໃບທີ່ມີເຊລລ໌ຄຸມຢູ່ສູງກວ່າລະດັບເອພິເດີມິສທົ່ວໄປ, ພົບໃນພືດທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕຢູ່ນ້ຳ ຫຼື ຊຸ່ມຊື່ນ (Hydrophyte) ເຊັ່ນ: ແສມ, ລຳພູ, ຕະບູນ ເປັນຕົ້ນ.



Typical stomata

Sunken stomata

Raised stomata

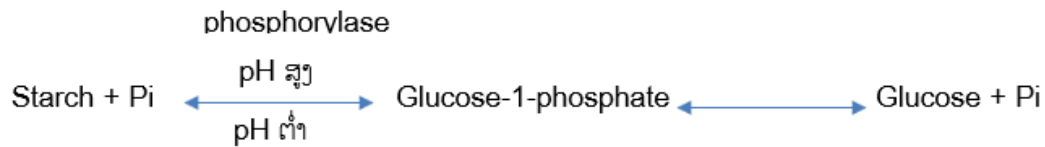
ຮູບທີ 2.2. ສະແດງລັກສະນະຂອງປາກໃບຊະນິດຕ່າງໆ

2. ການປິດ-ເປີດປາກໃບ

ການປິດ-ເປີດປາກໃບຖືກຄວບຄຸມໂດຍການເຕັ້ງຕຶງຂອງຈຸລັງ, ປາກໃບຈະເປີດເມື່ອຈຸລັງຄຸມເຕັ້ງຕຶງ (ມີນ້ຳເຕັມທີ່) ແລະ ຈະປິດເມື່ອຈຸລັງຄຸມແວບ ເຊິ່ງຈະພາບສະໜອງຕໍ່ສະພາບແວດລ້ອມພາຍໃນ ແລະ ພາຍນອກໄດ້ແກ່: ແສງ, ປະລິມານ CO_2 ແລະ ນ້ຳ ເປັນຕົ້ນ. ໂດຍປົກກະຕິພືດທົ່ວໄປປາກໃບຈະປິດເວລາກາງຄືນ ແລະ ຈະເປີດເມື່ອໄດ້ຮັບແສງໃນຕອນເຊົ້າ, ໃນຕອນບ່າຍທີ່ມີແສງແດດຈັດປາກໃບຈະປິດອີກຄັ້ງ ໜຶ່ງ. ນັກສາລິລະວິທະຍາໄດ້ພະຍາຍາມສຶກສາເຖິງກົນໄກໃນການຄວບຄຸມການປິດເປີດປາກໃບ ໂດຍໃຫ້ຂໍ້ສັນນິຖານຕ່າງໆກັນໄປ.

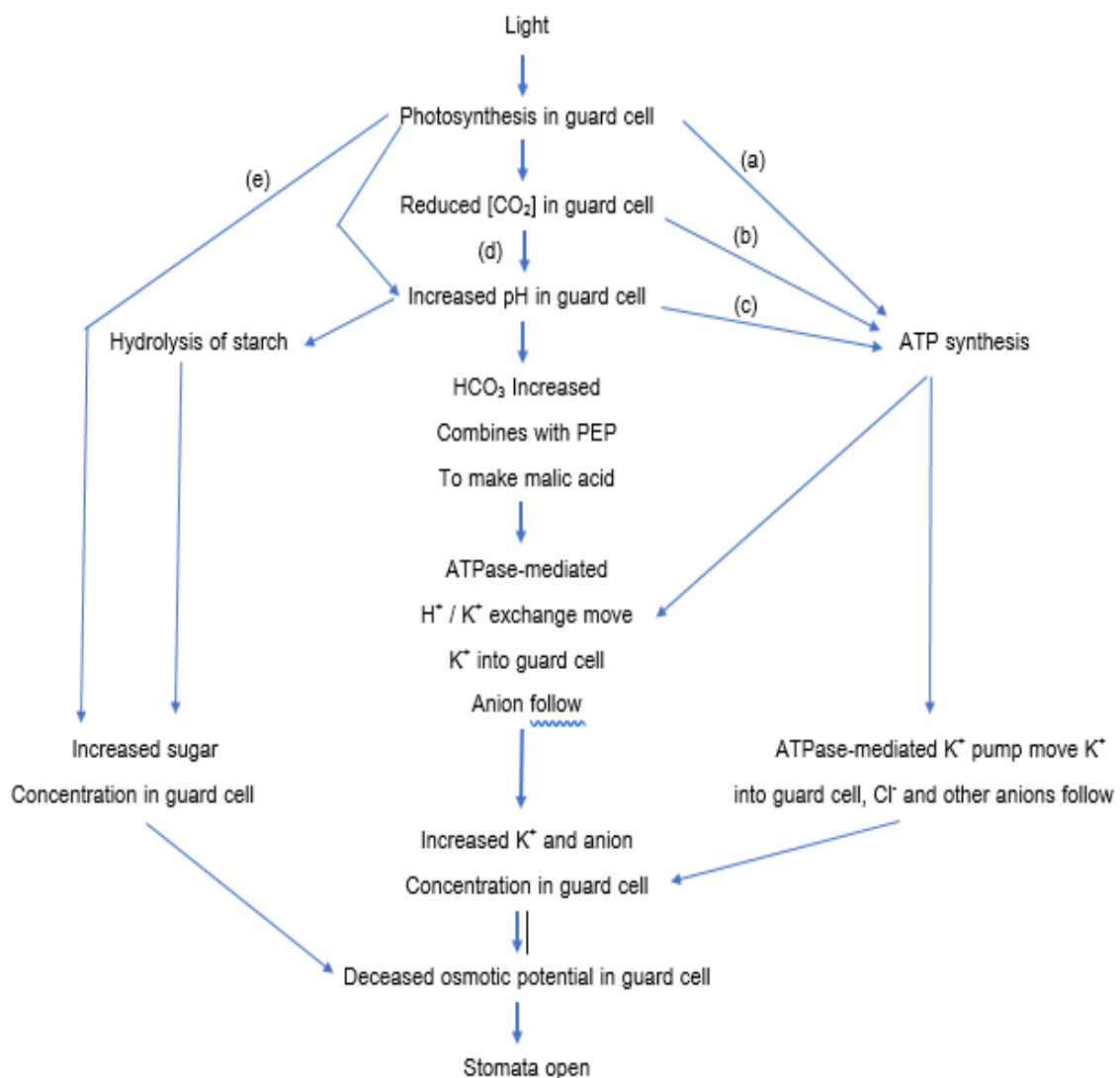
ການສັງເກດດ້ວຍແສງ ເປັນຂະບວນການທີ່ສຳຄັນຢ່າງໜຶ່ງໃນການຄວບຄຸມການປິດເປີດຂອງປາກໃບ ເນື່ອງຈາກວ່າຈຸລັງຄຸມມີຄໍໂຣພລາສຕ໌ ເຊິ່ງມີລັກສະນະຕ່າງຈາກຈຸລັງຜິວຂ້າງຄຽງ, ສະນັ້ນຂໍ້ສັນນິຖານຂອງນັກສາລິລະວິທະຍາໃນໄລຍະທຳອິດຈຶ່ງກ່ຽວກັບການສັງເກດດ້ວຍແສງ ແລະ ສະພາບຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ ຫຼື ຄ່າ pH ຂອງຈຸລັງຄຸມ. ເມື່ອຈຸລັງຄຸມໄດ້ຮັບແສງ, ເກີດການສັງເກດດ້ວຍແສງ ແລະ ມີການດຶງ CO_2 ໄປໃຊ້ ເຮັດໃຫ້ປະລິມານຂອງ CO_2 (ລວມທັງກົດຕາຣ໌ບ໌ນິກ, H_2CO_3) ຫຼຸດລົງ, ຄ່າຄວາມເປັນກົດພາຍໃນຈຸລັງຈະຫຼຸດລົງນາເຮັດໃຫ້ມີຄ່າ pH ສູງຂຶ້ນ ເຊິ່ງຈະສົ່ງຜົນໃຫ້ເກີດການແຕກຕົວຂອງແບັງ ໂດຍອາໄສເອັນໄຊມ໌ຟອສຟໍຣິເລສ ເປັນຄະຕະລິສຕ໌ (ດັ່ງສົມຜົນ

ປະຕິກິລິຍາດ້ານລຸ່ມ) ໃນທີ່ສຸດຈະໄດ້ນໍ້າຕານກຸຍໂກກັບຟອສເຟດ ເຊິ່ງມີຜົນເຮັດໃຫ້ຫຼຸດຄ່າໂອສໂມຊິສໄພ ເທນຊຽນຂອງຈຸລັງຄຸມ ແລະ ຄ່າວິເຄີໄພເທນຊຽນກໍຈະຫຼຸດລົງນຳ ເຮັດໃຫ້ນໍ້າຈາກຈຸລັງຂ້າງຄຽງໂອສໂມຊິສເຂົ້າມາ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຈຸລັງຄຸມຕັ້ງຕົງ ແລ້ວປາກໃບກໍຈະເປີດ.



ນັກສາລິລະວິທະຍາບາງທ່ານ ເຊັ່ນ J. Levitt ມີຄວາມເຫັນຂັດແຍ້ງກັບສົມມຸດຖານດັ່ງກ່າວ ແລະ ໄດ້ໃຫ້ຂໍ້ຄິດເຫັນວ່າປະລິມານຂອງ CO_2 ທີ່ຖືກດຶງໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງມີຜົນເຮັດໃຫ້ຄ່າ pH ຂອງຕຸລັງຄຸມ ເພີ່ມຂຶ້ນຈາກເດີມພຽງເລັກນ້ອຍ ເຊິ່ງບໍ່ພຽງພໍຈະເຮັດໃຫ້ເກີດການແຕກຕົວຂອງແປ້ງເປັນນໍ້າຕານ, ແຕ່ຕະໜາະກັບການສ້າງກົດອິນຊີ ເຮັດໃຫ້ສະພາບຄວາມເປັນກົດໃນຈຸລັງຄຸມມີຄ່າສູງຂຶ້ນ, ນໍ້າຕານຈະປ່ຽນເປັນແປ້ງ ເມື່ອແປ້ງໃນຈຸລັງຄຸມມີຫຼາຍຄ່າວິເຄີໄພເທນຊຽນຂອງຈຸລັງຄຸມຈະເພີ່ມຂຶ້ນ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ນໍ້າໄຫຼອອກຈາກຈຸລັງຄຸມເຮັດໃຫ້ປາກໃບເປີດ.

ຈາກຂໍ້ຂັດແຍ້ງດັ່ງກ່າວ ຈຶ່ງມີຜູ້ສະເໜີຂໍ້ສັນນິຖານອື່ນໆ ເພື່ອອະທິບາຍກົນໄກການປິດເປີດຂອງປາກໃບ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບ 2.3

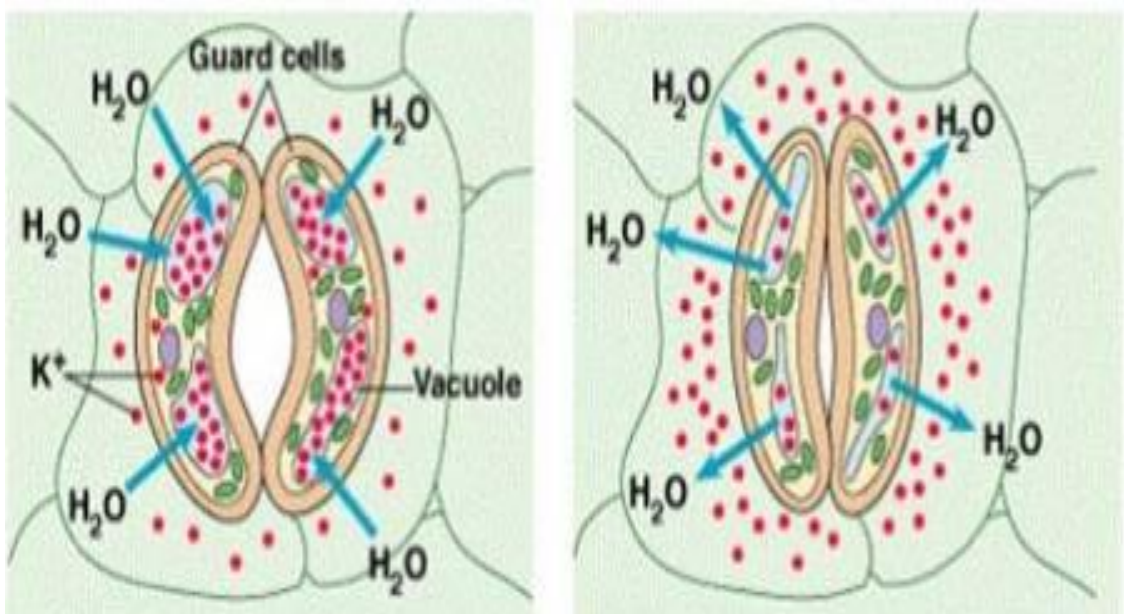


ຮູບ 2.3 ກົນໄກໃນການຄວບຄຸມການປິດເປີດປາກໃບຕາມຂໍ້ສັນນິຖານຕ່າງໆ (ທີ່ມາ Bidwell, 1979)

ຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ ຫຼື ຄ່າ pH ມີຄວາມສາພັນກັບການປິດ-ເປີດຂອງປາກໃບ ແລະ ກ່ຽວຂ້ອງກັບການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງໂພແທສຊຽມໄອອອນໃນຈຸລັງຄຸມ, ໂດຍໃນຂະນະທີ່ປາກໃບປິດພົບວ່າມີຄ່າພິເອຊ ໃນຈຸລັງຄຸມຂ້ອນຂ້າງສູງ ເນື່ອງຈາກ CO_2 ທີ່ຫຼຸດລົງຈະຖືກດຶງໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງຂອງຈຸລັງຄຸມ, CO_2 ທີ່ເຫຼືອຈະຖືກປ່ຽນໄປເປັນໄບຄາບອນເນດ (bicarbonate) ເຊິ່ງເປັນຊັບສະເຕດຂອງປະຕິກິລິຍາທີ່ມີເອັນໄຊຟອສໂຟອີໂນນໄຟຣູເວດ ຄາບອກຊີເລສ (PEP carboxylase) ເປັນຄະຕະລິສຕ໌, ຜົນທີ່ໄດ້ຮັບແມ່ນກົດມາລິກ ແລະ ໄຮໂດຼເຈນໄອອອນ (H^+) ເກີດຂຶ້ນ, ໄຮໂດຼເຈນໄອອອນທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະມີການປ້າອອກສູ່ຈຸລັງຜິວຂ້າງຄຽງເຊິ່ງມີຜົນເຮັດໃຫ້ຄ່າພິເອຊ ຂອງຈຸລັງຄຸມສູງຂຶ້ນ ແລະ ໂພແທສຊຽມໄອອອນຈະເຄື່ອນຍ້າຍເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຄຸມເປັນແບບແອັກທິບໄອອອນປ້າ (active ion pump) ໂດຍອາໃສພະລັງງານ ATP ຈາກຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ (ຮູບ 2.3 a) ແລະ ອາດໄດ້ຈາກຂະບວນການຫາຍໃຈຂອງຈຸລັງຄຸມ.

ນອນຈາກນີ້ປະລິມານຂອງ CO_2 ທີ່ຫຼຸດລົງໃນຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງຂອງຈຸລັງຄຸມ (ຮູບທີ 2.3 b) ແລະ ການປ່ຽນແປງຄ່າພິເອຊ ອັນເນື່ອງຈາກການຍ້າຍໄຮໂດຼເຈນໄອອອນໃນປະຕິກິລິຍາແສງ (ຮູບທີ 2.3 c) ເຊິ່ງມີຜົນເຮັດໃຫ້ເກີດການສ້າງ ATP ໃນປະຕິກິລິຍາແສງເພີ່ມຂຶ້ນ ສິ່ງຜົນໃຫ້ເກີດການປ້າໂພແທສຊຽມໄອອອນເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຄຸມໄດ້.

ສໍາລັບແອນໄອອອນ (anion) ຫຼື ສານທີ່ມີບັນຈຸລົບຈະແພ່ຕາມເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຄຸມແບບພລາສຊີບທຽນສະປອດ, ເຊິ່ງການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງໂພແທສຊຽມໄອອອນ ແລະ ແອນໄອອອນເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຄຸມ ມີຜົນເຮັດໃຫ້ຄ່າໂອສໂມຕິກໂພເທນຊຽນຂອງຈຸລັງຄຸມຫຼຸດລົງ, ນໍ້າຈຶ່ງແຜ່ນເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຄຸມເຮັດໃຫ້ຈຸລັງເຕັງຕຶງແລ້ວປາກໃບກໍຈະເປີດໄດ້ (ດັ່ງຮູບ 2.4).



ຮູບ 2.4: ສະແດງການເປີດ (ຂວາ) - ປິດປາກໃບ (ຊ້າຍ)

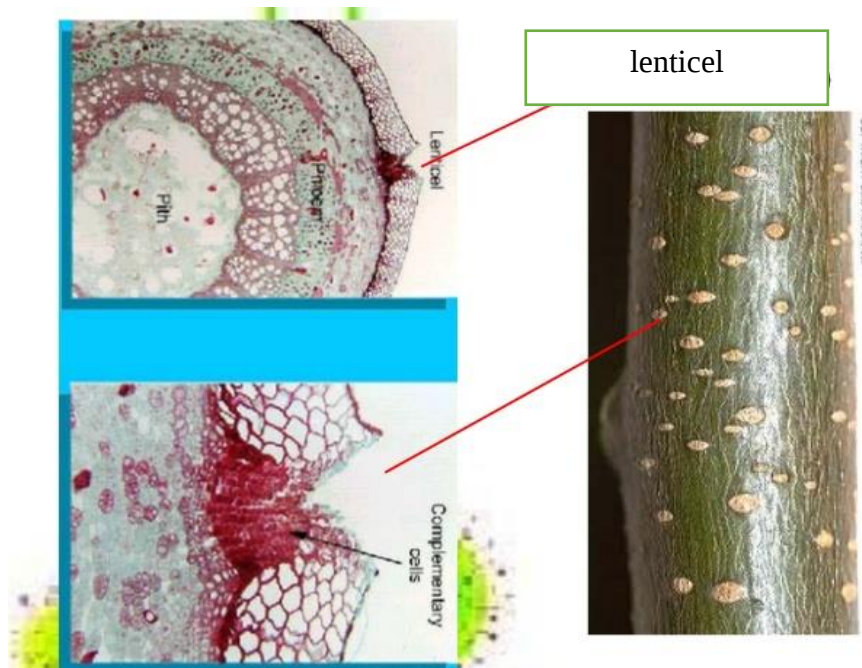
3. ປະເພດຂອງການຄາຍນໍ້າ

ການຄາຍນ້ຳຂອງພືດເປັນໄປໃນລັກສະນະຂອງການແພ່ເປັນສ່ວນໃຫຍ່ ແບ່ງເປັນ 3 ປະເພດ ຕາມຕຳແໜ່ງທີ່ໄອນ້ຳອອກມາເຊັ່ນ:

1) Stomatal transpiration ເປັນການຄາຍນ້ຳທີ່ກຳຈັດໄອນ້ຳອອກມາທາງປາກໃບຊຶ່ງມີຢູ່ຫລວງ-ຫລາຍຕາມຜິວໃບ, ປາກນີ້ເປັນທາງທີ່ມີການຄາຍນ້ຳອອກຫລາຍທີ່ສຸດ.

2) Cuticular transpiration ເປັນການຄາຍນ້ຳທີ່ກຳຈັດໄອນ້ຳອອກມາທາງຜິວໃບທີ່ມີ cuticle ສາຍຢູ່ຂ້າງນອກສຸດຂອງ epidermis, ແຕ່ເນື່ອງຈາກ cuticle ປະກອບດ້ວຍສານ cutin ຊຶ່ງເປັນສານປະກອບຄ້າຍຂີ້ຜິງນ້ຳຈຶ່ງແພ່ອອກທາງນີ້ໄດ້ຍາກ, ດັ່ງນີ້ພືດຈຶ່ງຄາຍນ້ຳອອກທາງນີ້ໄດ້ນ້ອຍ ແລະ ຖ້າຫາກພືດຊະນິດໃດມີ cuticle ໜາຫຼາຍນ້ຳກໍຍິ່ງອອກໄດ້ຍາກຫລາຍຂຶ້ນ. ທັງ stomatal ແລະ cuticular transpiration ຕ່າງກໍເປັນການຄາຍນ້ຳທີ່ກຳຈັດໄອນ້ຳອອກມາຈາກໃບ ຈຶ່ງເອີ້ນການຄາຍນ້ຳທັງ 2 ປະເພດນີ້ລວມໆກັນວ່າ Foliar transpiration. ການຄາຍນ້ຳອອກຈາກໃບດັ່ງກ່າວນີ້ຈະເກີດທີ່ປາກໃບປະມານ 90 % ແລະ ທີ່ cuticle ປະມານ 10 %.

3) Lenticular transpiration ເປັນການຄາຍນ້ຳທີ່ກຳຈັດໄອນ້ຳອອກມາທາງ lenticel ຊຶ່ງເປັນຮອຍແຕກຕາມລຳຕົ້ນ ແລະ ກິ່ງ. ການຄາຍນ້ຳປະເພດນີ້ເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍຫຼາຍເພາະວ່າ lenticel ມີໃນພືດເປັນສ່ວນນ້ອຍ ແລະ ຈຸລັງຂອງ lenticel ກໍເປັນ cork cell ດ້ວຍໄອນ້ຳຈຶ່ງອອກມາໄດ້ນ້ອຍ.



ຮູບທີ 2.5: ສະແດງ Lenticel ຫຼື ຮອຍແຕກບໍລິເວນລຳຕົ້ນ

4. ຫຼັກການຄາຍນ້ຳຂອງພືດ

ພືດຄາຍນ້ຳໄດ້ໂດຍການແພ່ຂອງອາຍນ້ຳອອກຈາກຊ່ອງຫວ່າງທີ່ຢູ່ໃຕ້ໃບ ເຊິ່ງປົກກະຕິຊ່ອງນີ້ຈະປຽກຊຸ່ມຢູ່ຕະຫຼອດເວລາ, ດັ່ງນັ້ນວິເຄີໄຟເທັນຊຽນ (water potential) ຂອງຊ່ອງຫວ່າງໃຕ້ປາກໃບນີ້ຈຶ່ງມັກມີຄ່າສູງກວ່າອາກາດພາຍນອກ ໂດຍສະເພາະຢ່າງຍິ່ງໃນວັນທີ່ອາກາດຮ້ອນ, ຄວາມຊຸ່ມໃນບັນຍາກາດຕ່ຳນ້ຳກໍຈະລະເຫີຍອອກຈາກປາກໃບສູ່ພາຍນອກ, ພາຍຫຼັງການຄາຍນ້ຳຂອງພືດວິເຄີໄຟເທັນຊຽນຂອງອາຍນ້ຳພາຍໃນຊ່ອງຫວ່າງໃຕ້ປາກໃບຈະຫຼຸດລົງ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ນ້ຳຈາກຂອບຈຸລັງຂ້າງຄຽງທີ່ມີວິເຄີໄຟເທັນຊຽນສູງກວ່າແພ່ເຂົ້າມາແທນທີ່. ໂດຍຫຼັກການດຽວກັນນີ້ຂອບຈຸລັງຈະໄປດຶງນ້ຳຈາກພາຍໃນຈຸລັງ ເຊິ່ງຈາກການສູນເສຍນ້ຳພາຍໃນຈຸລັງກໍຈະເຮັດໃຫ້ຄ່າວິເຄີໄຟເທັນຊຽນຂອງຈຸລັງຫຼຸດລົງ ຈາກນັ້ນນ້ຳຈາກຈຸລັງຈ້າງຄຽງກໍຈະເກີດການໂອສໂມຊິສເຂົ້າມາແທນທີ່. ຂະບວນການ

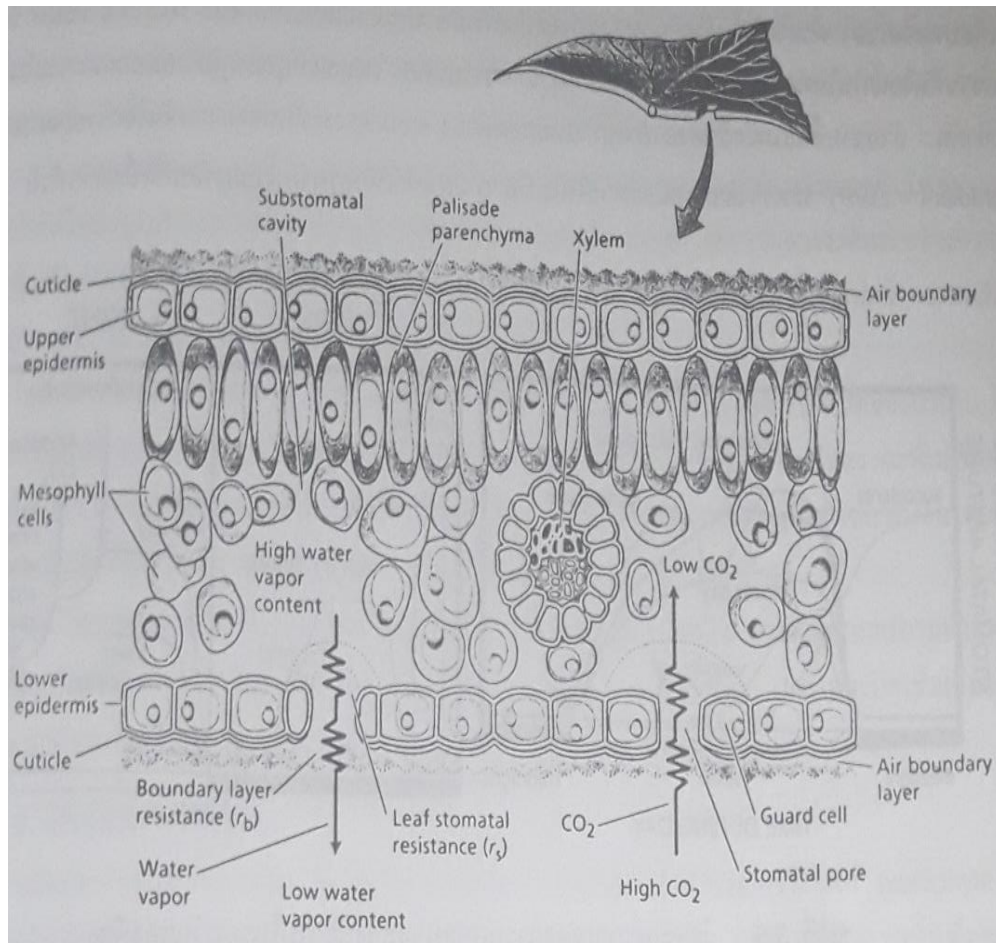
ດັ່ງກ່າວນີ້ຈະເກີດຕໍ່ເນື່ອງກັນເລື້ອຍໆຈົນເຖິງທໍ່ນໍ້າຂອງໃບ, ຈາກໂມເລກຸນຂອງນໍ້າໃນໃບດຶງໂມເລກຸນນໍ້າໃນລາຕິນ ແລະ ຂອງຮາກຂຶ້ນໃນທີ່ສຸດຮາກຈະໄປດຶງນໍ້າຈາກດິນ (ດັ່ງຮູບ 2.6)

ເນື່ອງຈາກພຶດຕະໂນນໍ້າໃນອັດຕາທີ່ຊ້າກວ່າການຄາຍນໍ້າ ເຮັດໃຫ້ທໍ່ນໍ້າຢູ່ໃນສະພາບທີ່ຖືກດຶງ, ໃນນັ້ນແຮງທີ່ ເຮັດໃຫ້ນໍ້າເຄື່ອນທີ່ຂຶ້ນສູ່ຕົ້ນພືດເປັນແຮງທີ່ຕ້ານແຮງດຶງດູດຂອງໂລກ ແລະ ຕ້ານແຮງສຽດທານຈາກຂອບຈຸລັງ, ນໍ້າ ໃນໄຊແລັມຈະຢູ່ພາຍໃຕ້ແຮງດຶງ (tension) ດຶງນໍ້າຈາກສ່ວນຮາກໄປສູ່ສ່ວນຍອດຂອງພືດ. ເນື່ອງຈາກຄຸນສົມບັດ ຂອງທໍ່ລໍາລຽງທີ່ຍຶດເກາະໂມເລກຸນນໍ້າດ້ວຍແຮງແອັກຮີຊັນຈະຫຼອດທັງໂມເລກຸນຂອງນໍ້າມີແຍງປົດໜ່ວຍລະຫວ່າງ ກັນດ້ວຍແຮງໂຄຣຮີຊັນ ເຮັດໃຫ້ໂມເລກຸນນໍ້າເຄື່ອນທີ່ຕໍ່ເນື່ອງກັນ ແລະ ຖືກດຶງຂຶ້ນແບບແມສໂຟໃນທໍ່ໄຊແລັມ. ໃນ ພຶດທີ່ມີລໍາຕົ້ນສູງໆ ຫຼື ພຶດທີ່ຢູ່ໃນບໍລິເວນແຫ້ງແລ້ງແຮງດຶງທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະສູງຫຼາຍ, ໃນຂະນະທີ່ພືດທີ່ເກີດໃນບ່ອນ ຊຸ່ມ ຫຼື ມີນໍ້າຂັງແຮງດຶງຈະມີຄ່າຕໍ່າ. ສໍາລັງໃນຮາກແຮງດຶງທີ່ເກີດຂຶ້ນນີ້ເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຕ່າງລະດັບຂອງໄຮໂດຼ ສະແທຕິກເພສເຊິ່ງລະຫວ່າງໄຊແລັມ ແລະ ດິນ ຫຼື ເກີດຈາກຄວາມຄວາມຕ່າງລະດັບຂອງຄ່າວິເຄີໄຟເທັນຊຽນ ເຮັດ ໃຫ້ນໍ້າເຄື່ອນທີ່ເຂົ້າສູ່ຮາກໄດ້, ນໍ້າຈຶ່ງສາມາດເຄື່ອນທີ່ຈາກດິນໄປສູ່ຮາກຜ່ານເຂົ້າສູ່ລາຕິນ, ໃບ ແລະ ລະເທີຍສູ່ ບັນຍາກາດໂດຍຂະບວນການຄາຍນໍ້າຂອງພືດ.

5. ຄວາມສໍາຄັນຂອງການຄາຍນໍ້າ

ການຄາຍນໍ້າເກີດຂຶ້ນທັງໃນພືດບົກ ແລະ ພືດນໍ້າ, ນໍ້າທີ່ຮາກພຶດຕະໂນຈາກດິນຖືກນໍາໄປໃຊ້ໃນຂະບວນ ການເມຕາໂບລິສຊິມຕ່າງໆ ແລະ ເຮັດໃຫ້ຈຸລັງເຕັງດຶງມີພຽງເລັກໜ້ອຍເທົ່ານັ້ນ, ນໍ້າທີ່ເຫຼືອສ່ວນໃຫຍ່ຂະຖືກຄາຍ ອອກຈາກພືດ, ດັ່ງນັ້ນລະຫວ່າງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດຈະສູນເສຍນໍ້າໃນປະລິມານຫຼາຍ. ເຂົ້າໂພດຕົ້ນໜຶ່ງໆ ຈະຄາຍນໍ້າ 3-4 ລິດຕໍ່ວັນ, ພືດເຂດຮ້ອນເຊັ່ນ ປາມອາດມີການຄາຍນໍ້າສູງເຖິງ 500 ລິດຕໍ່ວັນ, ສາລັບພືດເຂດ ທະເລຊາຍມີການຄາຍນໍ້າໜ້ອຍ ເຊັ່ນ ກະບອງເພັດຄາຍນໍ້າປະມານ 25 ລິດຕໍ່ວັນເທົ່ານັ້ນ. ນໍ້າທີ່ພືດຄາຍອອກໄປຈະ ກາຍເປັນນໍ້າໃນບັນຍາກາດແລ້ວເກີດການລວມຕົວກັນເປັນເມກ ແລະ ຝົນໃນທີ່ສຸດ ເຊິ່ງເປັນປະໂຫຍກຕໍ່ການ ຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ. ການທີ່ຮາກພຶດຕະໂນຜ່ານຕົ້ນພືດສູ່ບັນຍາກາດມີຄວາມສໍາຄັນຕໍ່ພຶດທາງດ້ານຕ່າງໆດັ່ງນີ້:

5.1. ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນໍ້າ, ໂດຍທົ່ວໄປອັດຕາລາລຽງນໍ້າຜ່ານທໍ່ລາລຽງອາດພິຈາລະນາໄດ້ຈາກການ ຄາຍນໍ້າ, ແຕ່ການຄາຍນໍ້າຢ່າງດຽວບໍ່ພຽງພໍທີ່ຈະອະທິບາຍຄວາມໄຂຂອງນໍ້າທີ່ລາລຽງຢູ່ໃນຕົ້ນພືດ, ທັງນີ້ເນື່ອງຈາກມີ ປັດໃຈອື່ນເຂົ້າມາກ່ຽວຂ້ອງ ໄດ້ແກ່: ແຮງດັນຮາກ ເຊິ່ງອາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ເຖິງວ່າເປັນເວລາກາງຄືນເຊິ່ງປາກໃບພືດຢຸດ ການຄາຍນໍ້າ, ແຕ່ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນໍ້ານັ້ນເກີດຂຶ້ນໄດ້ຕະຫຼອກເວລາ.



ຮູບທີ 2.6 ສະແດງທິດທາງການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳໃນໂປພິດ: ນ້ຳຖືກດຶງຈາກໄຊແລັມເຂົ້າສູ່ຂອງຈຸລັງຂອງເມໂຊຟິລລ໌ແລ້ວລະເຫີຍສູ່ຊ່ອງຫວ່າງໃຕ້ປາກໃບ ແລະ ແພ່ ຫຼື ຄາຍນ້ຳສູ່ບັນຍາກາດທາງປາກໃບ (ທີ່ມາ Taiz and Zeiger, 2002)

5.2. ການດູດ ແລະ ການລຳລຽງແຮ່ທາດ, ການຄາຍນ້ຳເປັນຕົ້ນເຫດເຮັດໃຫ້ເກີດແຮງດຶງຈາກການຄາຍນ້ຳ, ແຮງດຶງນີ້ສາມາດດຶງແຮ່ທາດຈາກດິນເຂົ້າສູ່ຮາກໄດ້, ໂດຍທົ່ວໄປການລຳລຽງແຮ່ທາດທີ່ຮາກພືດດູດຈາກພາຍນອກເກີດຂຶ້ນພ້ອມໆກັບການລຳລຽງນ້ຳໂດຍຜ່ານທາງທີ່ໄຊແລັມຂຶ້ນສູ່ສ່ວນຍອດຂອງພືດ, ໃນຂະນະດຽວກັນແຮ່ທາດທີ່ຖືກລຳລຽງໃນທີ່ໄຊແລັມນັ້ນຈະມີການເຄື່ອນຍ້າຍສູ່ທໍ່ໄພແອັມ ແລະ ສ່ວນອື່ນໆຂອງພືດ. ນອກຈາກນີ້ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳພາຍໃນພືດອາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ເຖິງວ່າພືດຢຸດການຄາຍນ້ຳ, ຕະຫຼອດທັງຂະບວນການດູດແຮ່ທາດຂອງຮາກຈາກດິນບໍ່ຂຶ້ນກັບຂະບວນການດູດນ້ຳຂອງຮາກຈາກດິນພຽງຢ່າງດຽວ ແລະ ອດຕາຄວາມໄວຂອງການດູດນ້ຳມີຜົນຕໍ່ການດູດນ້ຳໜ້ອຍທີ່ສຸດ ແຕ່ຖ້ານ້ຳຈາກຮາກໄຫຼເຂົ້າທີ່ລຳລຽງໄດ້ຊ້າ, ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງສານລະລາຍແຮ່ທາດໃນຮາກຈະມີໜ້ອຍ ແຕ່ອັດຕາການເຄື່ອນທີ່ຂອງແຮ່ທາດຂຶ້ນສູ່ຮາກຂອງທັງສອງກໍລະນີຂ້ອນຂ້າງຄືກັນ. ດັ່ງນັ້ນການຄາຍນ້ຳຈະມີຜົນຕໍ່ອັດຕາການດູດແຮ່ທາດໄດ້ໜ້ອຍທີ່ສຸດ.

5.3. ຫຼຸດອຸນຫະພູມຂອງໂປພິດ, ເນື່ອງຈາກການລະເຫີຍຂອງນ້ຳ 1 g ກາຍເປັນອາຍຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານຄວາມຮ້ອນສູງເຖິງ 580 kcal ຈຶ່ງດຶງຄວາມຮ້ອນໄປຈາກໃບ, ສະນັ້ນໃບຈຶ່ງມີອຸນຫະພູມຕໍ່າລົງດັ່ງນັ້ນການຄາຍນ້ຳຈຶ່ງຊ່ວຍຫຼຸດອຸນຫະພູມຂອງໃບ, ປ້ອງກັນຕົ້ນພືດບໍ່ໃຫ້ໄດ້ຮັບອັນຕະລາຍຍ້ອນຄວາມຮ້ອນຈາກແສງຕາເວັນ. ຈາກການສຶກສາຂອງ Gate ພົບວ່າຖ້າພືດຄາຍນ້ຳໃນອັດຕາ 3 g/cm² ສາມາດຫຼຸດອຸນຫະພູມຂອງໃບໄດ້ເຖິງ 15 °C, ສາລັບໃນເວລາກາງຄືນເຊິ່ງພືດບໍ່ມີການຄາຍນ້ຳການຫຼຸດອຸນຫະພູມຂອງພືດເກີດຈາກການແພ້ລັງສີຄວາມຮ້ອນຈາກໃບ

5.4. ເຮັດໃຫ້ຈຸລັງໃນໃບປຽກຊຸ່ມ, ການທີ່ຈຸລັງໃນໃບປຽກຊຸ່ມຈະເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ພືດເຮັດໃຫ້ເກີດການແລກປ່ຽນກິາສອີກຊີແຊນ ແລະ ກິາສກາກໂບນິກໄດ້. ແນວໃດກໍ່ຕາມຖ້າໃນສະພາບອາກາດຮ້ອນ, ຄວາມຊຸ່ມຂອງບັນຍາກາດຕໍ່ອັດຕາການຄາຍນ້ຳຈະເພີ່ມຂຶ້ນຫຼາຍ ພືດເກຣດການຫ່ຽວ (wilting) ຂຶ້ນໄດ້ ເນື່ອງຈາກແຮງດັນເທິກໃນຈຸລັງຫຼຸດຈຳລົງ ແຕ່ປະກົດການນີ້ເກີດຂຶ້ນຊົ່ວຄາວ ໂດຍຄວາມຕັ້ງຕົງຈະກັບຄືນມາເມື່ອການຄາຍນ້ຳຫຼຸດລົງໃນເວລາກາງຄືນເຊິ່ງຂອງຈຸລັງໃນໃບຈະໄດ້ຮັບຄວາມຊຸ່ມ.

6. ປັດໃຈທີ່ມີຜົນຕໍ່ການຄາຍນ້ຳ

6.1. **ແສງສະຫວ່າງ,** ຖ້າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງແສງສະຫວ່າງຫຼາຍຈະຊ່ວຍໃຫ້ອັດຕາການຄາຍນ້ຳສູງຂຶ້ນ, ເພາະວ່າແສງສະຫວ່າງຈະເຮັດໃຫ້ເຊລລ໌ຄຸມເປີດກວ້າງຂຶ້ນເນື່ອງຈາກວ່າໃນເຊລລ໌ຄຸມມີເມັດຄ໌ໂຣພລາສຢູ່ ເຊິ່ງຈະດູດເອົາພະລັງງານແສງສະຫວ່າງໄປສັງເຄາະແສງເກີດເປັນນ້ຳຕານຫຼາຍຂຶ້ນ ແລະ ນ້ຳຕານນີ້ລະລາຍໃນນ້ຳໄດ້ດີກາຍເປັນສານລະລາຍ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ເຊລລ໌ຄຸມມີສະສານລະລາຍເຂັ້ມຂຸ້ນກວ່າຈຸລັງຂ້າງຄຽງ, ດັ່ງນັ້ນສານລະລາຍໃນຈຸລັງກໍມີແຮງດັນໂອສໂມຕິກຂຶ້ນ, ເຮັດໃຫ້ D.P.D ຂອງນ້ຳໃນເຊລລ໌ຄຸມສູງຂຶ້ນ ແລະ ສູງກວ່າ D.P.D ຂອງນ້ຳໃນຈຸລັງຂ້າງຄຽງ. ດັ່ງນັ້ນນ້ຳໃນຈຸລັງຂ້າງຄຽງຈຶ່ງແຜ່ເຂົ້າໄປໃນເຊລລ໌ຄຸມໄດ້, ເມື່ອມີການແຜ່ຫຼາຍຂຶ້ນເຮັດໃຫ້ turgor pressue ໃນເຊລລ໌ຄຸມສູງຂຶ້ນເລື້ອຍໆຈຶ່ງດັນໃຫ້ເຊລລ໌ຄຸມພອງຕົວເບັງຂຶ້ນ.

ແຕ່ເນື່ອງຈາກວ່າຜະໜັງດ້ານນອກຂອງເຊລລ໌ຄຸມບາງ ແລະ ອ່ອນນ້ຳກວ່າດ້ານໃນ, ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຜະໜັງດ້ານນອກນັ້ນໂຄ້ງອອກໄດ້ຫຼາຍ ພ້ອມທັງດຶງເອົາຜະໜັງກ້ານໃນເຊິ່ງໜາກວ່າແຕ່ຫົດຢຶດໄດ້ໂຄ້ງຕາມອອກໄປນຳ, ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ປາກໃບເປີດກວ້າງອອກໃບກໍ່ຄາຍນ້ຳໄດ້ດີຫຼາຍຂຶ້ນ ແລະ ຮາກກໍ່ດູດນ້ຳຂຶ້ນມາໃຫ້ທັນກັບປະລິມານທີ່ລະເຫີຍໄປໃບຈຶ່ງເບັງຢູ່ໄດ້.

ແຕ່ຖ້າຫາກຮາກດູດນ້ຳສົ່ງຂຶ້ນມາບໍ່ທັນໃບ ແລະ ຈຸລັງຄຸມຈະຫ່ຽວເພາະເສຍນ້ຳໄປຫຼາຍ, ຂອບຈຸລັດດ້ານໃນກໍ່ຈະຫົດຕົວເຮັດໃຫ້ປາກໃບປິດນ້ຳຈຶ່ງຢຸດລະເຫີຍອອກຈາກໃບ. ດັ່ງນັ້ນ, ການຫ່ຽວຂອງໃບໄມ້ບາງຊະນິດໃນເວລາກາງເວລາກາງເວັນຈຶ່ງເປັນການປ້ອງກັນອັນຕະລາຍຈາກການສູນເສຍນ້ຳຈາກໃບໄດ້ເປັນຢ່າງດີ.

ສຳລັບກາງຄືນ ຫຼື ເວລາທີ່ບໍ່ມີແສງ, ບໍ່ມີການສັງເຄາະແສງນ້ຳຕານໃນເຊລລ໌ຄຸມຈະຖືກສົ່ງອອກໄປນອກ ຫຼື ຖ້າມີຢູ່ກໍ່ປ່ຽນໄປເປັນແບັງເຊິ່ງບໍ່ລະລາຍໃນນ້ຳ, ດັ່ງນັ້ນຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງສານລະລາຍຈຶ່ງຫຼຸດລົງ, ສະນັ້ນນ້ຳຈຶ່ງໂອສໂມຊິສອອກສູ່ຈຸລັງຂ້າງຄຽງ ເຮັດໃຫ້ແຮງດັນເບັງຂອງເຊລລ໌ຄຸມຫຼຸດລົງປາກໃບຈຶ່ງປິດ

6.2. **ອຸນຫະພູມ,** ຖ້າອຸນຫະພູມຂອງບັນຍາກາດສູງຈະເຮັດໃຫ້ໃບຄາຍນ້ຳໄດ້ຫຼາຍ ແລະ ໄວວາຂຶ້ນ ທັງນີ້ເພາະວ່າເມື່ອອຸນຫະພູມສູງອຸນຫະພູມຂອງນ້ຳໃນໃບກໍ່ຈະສູງຂຶ້ນ ເຮັດໃຫ້ນ້ຳລະເຫີຍເປັນອາຍໄດ້ງ່າຍ ແລະ ໄວຂຶ້ນ ຈຶ່ງລະເຫີຍອອກຈາກໃບໄດ້ຫຼາຍ ແລະ ໄວຂຶ້ນອີກດ້ວຍ. ເມື່ອອຸນຫະພູມສູງ, ອາກາດພາຍນອກສາມາດອຸ້ມນ້ຳໄວ້ໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນເຊັ່ນ: ອຸນຫະພູມ 20 ອົງສາເຊລຊຽສ ອາກາດພາຍນອກສາມາດອຸ້ມນ້ຳໄດ້ເປັນ 2 ເທົ່າຂອງອຸນຫະພູມ 30 ອົງສາເຊລຊຽສ.

ອຸນຫະພູມຂອງບັນຍາກາດເປັນປັດໃຈໜຶ່ງທີ່ຊ່ວຍໃນການເປີດປາກໃບດ້ວຍ ໂດຍພືດບາງຊະນິດເປີດປາກໃບໄດ້ດີທີ່ອຸນຫະພູມ 25-30 ອົງສາເຊລຊຽສ, ຖ້າອຸນຫະພູມສູງກວ່ານີ້ປາກໃບຈະເປີດໄດ້ໜ້ອຍລົງ ແລະ ຖ້າອຸນຫະພູມຕໍ່າເຊັ່ນ: ອຸນຫະພູມມີຈຸດເຍືອກແຂງຫຼືໄກ້ຈຸດເຍືອກແຂງປາກໃບກໍ່ຈະປິດໝົດ. ພືດບາງຊະນິດປາກໃບຈະເປີດໄດ້ດີເມື່ອອຸນຫະພູມສູງເຊັ່ນ: ທີ່ 40 ອົງສາເຊລຊຽສ ເປັນຕົ້ນ, ການທີ່ປາກໃບເປີດໄດ້ຫຼາຍຫຼືໜ້ອຍຢ່າງໃດນັ້ນກໍ່ມີຜົນເຮັດໃຫ້ການຄາຍນ້ຳເກີດຂຶ້ນໄດ້ຫຼາຍຫຼືໜ້ອຍຕາມລຳດັບນັ້ນເອງ.

6.3. **ຄວາມຊຸ່ມ,** ຖ້າຄວາມຊຸ່ມໃນບັນຍາກາດມີໜ້ອຍຄືອາກາດແຫ້ງແລ້ງເຊັ່ນ: ໃນໜ້າແລ້ງ ຫຼື ຕອນກາງເວັນ ຄວາມຊຸ່ມໃນບັນຍາກາດຈຶ່ງແຕກຕ່າງກັບຄວາມຊຸ່ມໃນຊ່ອງວ່າງທີ່ອາກາດໃນໃບຫຼາຍ ເຊິ່ງມີຊ່ອງວ່າງອາກາດໃນໃບນີ້ຈະມີອາຍນ້ຳອີ່ມຕົວຢູ່ຕະຫຼອດເວລາ, ເຮັດໃຫ້ການຄາຍນ້ຳເກີດຂຶ້ນໄດ້ຫຼາຍ ແລະ ໄວວາ, ຖ້າ

ຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດມີຫຼາຍຂຶ້ນຄື ອາກາດໃນໜ້າຝົນ ຫຼື ຕອນເຊົ້າມືດ ຫຼື ຕອນກ່ອນ ແລະ ຫຼັງຝົນຕົກໃໝ່ໆ ໃບຈະຄາຍນ້ຳໄດ້ໜ້ອຍ ແລະ ຊ້າລົງ. ຕາມທິດສະດີຖ້າຄວາມຊຸ່ມອື່ນຕົວຄວນຈະຄາຍນ້ຳເລີຍ ເຊິ່ງກໍເປັນຄວາມຈິງຄື ໃບຈະບໍ່ຄາຍນ້ຳອອກມາເປັນອາຍນ້ຳ ແຕ່ມັນຈະຄາຍອອກມາເປັນຢອດນ້ຳຢ່າງໜຶ່ງເອີ້ນວ່າ Guttation ນັ້ນເອງ

Guttation ເກີດຂຶ້ນເມື່ອໃນຂະນະທີ່ສິ່ງແວດລ້ອມບໍ່ເໝາະສົມກັບການຄາຍນ້ຳທາງປາກໃບເຊັ່ນ: ເມື່ອອາກາດມີຄວາມຊຸ່ມຫຼາຍ ພືດບາງຊະນິດຈະກໍາຈັດນ້ຳອອກມາໃນຮູບຂອງຢອດນ້ຳທາງຮູບເປີດນ້ອຍໆ ຕາມປາຍຂອງໃບ, ຮູບເຫຼົ່ານີ້ເອີ້ນວ່າ: ໄຮດາໂທດ (hydathod), ຂະບວນການນີ້ເກີດຂຶ້ນໄດ້ເນື່ອງຈາກວ່າພືດມີການດູດນ້ຳຢູ່ຕະຫຼອດເວລາ, ເຊິ່ງນ້ຳຈະເຂົ້າສູ່ຮາກເປັນຈຳນວນຫຼາຍຂຶ້ນທຸກທີເຮັດໃຫ້ເກີດແຮງດັນຂອງແຫຼວໃຫ້ໄຫຼຂຶ້ນໄປຕາມທໍ່ໄຊແລັມຕາມລຳດັບສູ່ໃບ ແລະ ໄຫຼອອກທາງຮູບເປີດຂອງທໍ່ນ້ອຍໆທີ່ຢູ່ປາຍຂອງເສັ້ນເບິ່ງເຫັນເປັນຢອດນ້ຳນ້ອຍໆ ເກາະຢູ່ຕາມຂອບໃບ, ເຊິ່ງເຮົາຈະພົບປະກົດການນີ້ໃນທຳມະຊາດໄດ້ຢ່າງຊັດເຈນໃນຕອນເຊົ້າທີ່ມີອາກາດຊຸ່ມຫຼາຍທີ່ສຸດ ເຊິ່ງເປັນປະກົດການທີ່ບໍ່ໄດ້ເກີດເລື້ອຍໆປານໃດ.



ຮູບ 2.5: ສະແດງການເກີດ Guttation ຂອງພືດ

6.4. ລົມ, ໂດຍທົ່ວໄປເຮັດໃຫ້ພືດຄາຍນ້ຳໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນ ໂດຍທີ່ລົມຊ່ວຍພັດພາອາຍນ້ຳທີ່ລະເຫີຍອອກມາຈາກໃບ ແລະ ຢູ່ບໍລິເວນອ້ອມຮອບໃບໃຫ້ພື້ນຈາກຜິວໃບ, ບໍລິເວນນັ້ນຈຶ່ງມີນ້ຳໜ້ອຍ ຫຼື ມີອາກາດແຫ້ງເຂົ້າມາແທນທີ່ກໍ່ສາມາດຮັບອາຍນ້ຳຈາກໃບໄດ້ອີກ, ດັ່ງນັ້ນໃບຈຶ່ງຄາຍນ້ຳອອກມາໄດ້ເລື້ອຍໆ. ຈາກຕາມຫຼັກຂອງການແຜ່ການທີ່ມີລົມພັດຍັງເຮັດໃຫ້ໃບເຄື່ອນໄຫວໄດ້ອີກດ້ວຍ ເຊິ່ງເປັນຜົນເຮັດໃຫ້ຈຸລັງ mesophyll ມີການເຄື່ອນໄຫວຈຶ່ງຊ່ວຍໄລ່ອາຍນ້ຳໃນຈຸລັງມີໂຊຟິລ ອອກມາຫຼາຍຂຶ້ນການຄາຍນ້ຳກໍ່ມີອັດຕາສູງຂຶ້ນ, ແຕ່ຖ້າລົມແຮງຫຼາຍຈົນເປັນພະຍຸປາກໃບມັກຈະປິດ ເຮັດໃຫ້ການຄາຍນ້ຳລຸດລົງ ແລະ ຖ້າບໍ່ມີລົມ ຫຼື ລົມສະຫງົບອາຍນ້ຳທີ່ຄາຍອອກມາຈາກປາກໃບກໍ່ຂັງຢູ່ຄົງຢູ່ໃນບັນຍາກາດໃກ້ໆຜິວໃບນັ້ນເອງ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ບັນຍາກາດອ້ອມຮອບໃບມີອາຍນ້ຳສູງກວ່າບໍລິເວນອື່ນໆເມື່ອເປັນແນວນີ້ຈະເຮັດໃຫ້ອັດຕາການຄາຍນ້ຳຕໍ່າລົງໄປ

6.5. ຄວາມອຸດົມສົມບູນຂອງນ້ຳໃນດິນ, ຖ້າໃນດິນມີນ້ຳຫຼາຍ ຫຼື ດິນຊຸ່ມ ແລະ ສະພາບອື່ນໆກໍ່ເໝາະສົມກັບການຄາຍນ້ຳ, ນ້ຳໃນດິນຈະຖືກດູດ ແລະ ລຳລຽງໄປສູ່ສ່ວນໃບໄດ້ຫຼາຍ ແລະ ຕະຫຼອດເວລາກໍ່ຈະເຮັດໃຫ້ການຄາຍນ້ຳໄດ້ຫຼາຍ, ແຕ່ຖ້ານ້ຳໃນດິນມີໜ້ອຍ ຫຼື ດິນແຫ້ງເຖິງວ່າສະພາບອື່ນໆຈະເໝາະສົມກັບການຄາຍນ້ຳ

ແນວໃດກໍຕາມການຄາຍນໍ້າກໍ່ເກີດຂຶ້ນໄດ້ໜ້ອຍ, ເພາະເມື່ອດິນແຫ້ງກໍ່ບໍ່ມີນໍ້າທີ່ຈະລໍາລຽງຂຶ້ນໄປສູ່ໃບ, ໃບຈຶ່ງຂາດນໍ້າ ແລະ ລະເຫີຍອອກບໍ່ໄດ້. ສະພາບອື່ນໆທີ່ເໝາະສົມຕໍ່ການຄາຍນໍ້າທີ່ກ່າວເຖິງນັ້ນໄດ້ແກ່: ຄວາມຄວາມສາມາດຂອງຮາກໃນການດູດນໍ້າຈາກດິນ, ອຸນຫະພູມຂອງດິນ ແລະ ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງສານລະລາຍໃນດິນເປັນຕົ້ນ.

6.6. ປະລິມານຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌, ພົບວ່າປາກໃບຈະເປີດເມື່ອປະລິມານຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ເພີ່ມຂຶ້ນເຊັ່ນ: ໃນອາກາດປົກກະຕິມີຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ 300 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນປາກໃບຈະເປີດ, ແຕ່ຖ້າປະລິມານຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ເພີ່ມເປັນ 1000 ສ່ວນໃນລ້ານສ່ວນປາກໃບຈະປິດ. ອາດອະທິບາຍການປິດປາກໃບໃນຕອນກາງຄືນໄດ້ວ່າ ເນື່ອງຈາກປະລິມານການສະສົມຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ ທີ່ເກີດຈາກການຫາຍໃຈຂອງຈຸລັງໃນໃບຫຼາຍ, ແຕ່ເມື່ອຂາດຄວາມຊຸ່ມປາກໃບກໍ່ຈະປິດ ເຖິງແມ່ນວ່າປະລິມານຂອງຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ຈະເປັນຢ່າງໃດ, ໝາຍຄວາມວ່າພຶດທິນຕໍ່ການຂາດຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊດ໌ ໄດ້ດີກວ່າການຂາດນໍ້າ

6.7. ຄວາມກົດດັນຂອງບັນຍາກາດ, ໃນບ່ອນທີ່ມີຄວາມກົດດັນຂອງບັນຍາກາດຕໍ່ອາກາດຈະບາງລົງ ແລະ ຄວາມໜາແໜ້ນໜ້ອຍ ເປັນໂອກາດໃຫ້ອາຍນໍ້າແພ່ອອກຈາກໃບໄດ້ງ່າຍ, ອັດຕາການຄາຍນໍ້າກໍ່ສູງ, ແຕ່ຖ້າຄວາມດັນຂອງບັນຍາກາດສູງໃບກໍ່ຈະຄາຍນໍ້າໄດ້ໜ້ອຍລົງ

6.8. ລັກສະນະ ແລະ ໂຄງສ້າງຂອງໃບ, ສ່ວນປະກອບ ແລະ ໂຄງສ້າງຂອງໃບທີ່ບໍ່ຄືກັນຈະເຮັດໃຫ້ການຄາຍນໍ້າຕ່າງກັນຄື:

ພືດບາງຊະນິດມີປາກໃບຈົມເຂົ້າໄປໃນເນືອຂອງໃບເຮັດໃຫ້ເກີດເປັນຫ້ອງນ້ອຍໆຄືປາກໃບທີ່ອື່ນວ່າ *sunken stoma* ເມື່ອອາຍນໍ້າລະເຫີຍມາກໍ່ຈະຢູ່ໃນຫ້ອງນີ້ກ່ອນທີ່ຈະລະເຫີຍອອກສູ່ອາກາດພາຍນອກ ເຮັດໃຫ້ພາຍໃນຫ້ອງມີຄວາມຊຸ່ມສູງ, ສະນັ້ນນໍ້າຈາກໃບກໍ່ຈະລະເກີນໄດ້ຍາກຂຶ້ນ, ເຊິ່ງເປັນການປັບຕົວຂອງພືດ ເພື່ອຮັກສານໍ້າໄວ້ບໍ່ໃຫ້ເສຍໄປຫຼາຍ ເພາະພືດພວກນີ້ເກີດຢູ່ບ່ອນແຫ້ງແລ້ງ ເອີ້ນວ່າ *Xerophyte*. *Xerophyte* ນີ້ຍັງມີປາກໃບນ້ອຍເພື່ອໃຫ້ຜິວລະເຫີຍນໍ້າໄດ້ນ້ອຍທີ່ສຸດເທົ່າທີ່ຈະເຮັດໄດ້ອີກດ້ວຍ ແລະ ບາງບ່ອນກໍ່ອາດກາຍເປັນໜາມໄປມົດກໍ່ມີ, ລໍາຕົ້ນຈຶ່ງມີສີຂຽວ ແລະ ມີປາກໃບແທນ ແຕ່ກໍ່ມີຈຳນວນໜ້ອຍກວ່າໃບຫຼາຍ *Cuticle* ແລະ *epidermis* ມັກຈະໜາເພື່ອຊ່ວຍປ້ອງກັນການລະເຫີຍອາຍຂອງນໍ້າໄດ້ເປັນຢ່າງດີ.

ສ່ວນພືດບາງຊະນິດທີ່ເກີດຢູ່ໃນບ່ອນຊຸ່ມ ຫຼື ໃນນໍ້າເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ *Hydrophyte* ນັ້ນມັກຈະມີປາກໃບລຽງຕາມຜິວ ຫຼື ນູນຂຶ້ນມາຈາກໃບຢ່າງທີ່ເອີ້ນວ່າ *raised stoma* ແລະ ໃບມັກໃຫຍ່ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ມີການຄາຍນໍ້າອອກມາຫຼາຍ ເພາະມີເຫຼືອໃຊ້ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍແລ້ວ ເນື່ອງຈາກດູດນໍ້າສິ່ງຂຶ້ນມາໄດ້ຕະລອດເວລາບໍ່ຈະເປັນຕ້ອງສະຫງວນໄວ້

ພືດທີ່ເກີດຢູ່ເທິງບົກທີ່ມີນໍ້າພໍສົມຄວນຄືບໍ່ແຫ້ງ ແລະ ບໍ່ມີນໍ້າຂັງເກີນໄປເອີ້ນວ່າ *Mesophyte* ຈະມີລັກສະນະປານກາງລະຫວ່າງ *xerophyte* ກັບ *hydrophyte* ເຊັ່ນ: ໃບມີຂະໜາດພໍສົມຄວນ

ນອກຈາກສ່ວນປະກອບ ແລະ ໂຄງສ້າງຂອງໃບທີ່ບໍ່ຄືກັນ ເຮັດໃຫ້ການຄາຍນໍ້າຕ່າງກັນໄປແລ້ວ ກໍ່ຍັງຂຶ້ນຢູ່ກັບຈຳນວນຂອງປາກໃບດ້ວຍວ່າມີຂະໜາດຫຼາຍໜ້ອຍພຽງໃດ

7. ການແທກອັດຕາການຄາຍນໍ້າ

7.1. ວັດນໍ້າໜັກຂອງພືດທີ່ຫາຍໄປໃນກະຖັງ, ໂດຍວັດນໍ້າໜັກຂອງພືດລວມກັບກະຖັງເປັນຊ່ວງໄລຍະເວລາໜຶ່ງ, ວິທີການນີ້ຈາເປັນຕ້ອງປ້ອງກັນການລະເຫີຍອາຍຂອງນໍ້າອອກຈາກດິນໃຫ້ໄດ້ດ້ວຍການປິດດ້ວຍທາດທີ່ປ້ອງກັນນໍ້າໄດ້ ແລະ ຖ້າໃຊ້ກະຖັງດິນກໍ່ຕ້ອງຄຸມກະຖັງນໍ້າເພາະບໍ່ດັ່ງນັ້ນນໍ້າກໍ່ຈະລະເຫີຍຜ່ານໄດ້ ແລະ ຄວນໃຊ້ດິນປະລິມານຫຼາຍ ເພາະຖ້າບໍ່ດັ່ງນັ້ນດິນອາດຈະແຫ້ງກ່ອນຊິ້ນສຸດການທົດລອງ.

7.2. ວັດນໍ້າໜັກທີ່ຫາຍໄປຂອງສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດ ໂດຍການຕັດຍອດ ຫຼື ໃບຂອງຕົ້ນໄມ້ມາຊັງດ້ວຍເຄື່ອງຊັງນໍ້າໜັກລະອຽດທຸກໆ 1-2 ນາທີ ແລ້ວແຕ້ມເສັ້ນສະແດງອອກມາ, ອັດຕາການຄາຍນໍ້າຈະໃຊ້ອັດຕາການສູນເສຍນໍ້າໜັກໃນ 1-2 ນາທີ. ວິທີການນີ້ສະພາບແວດລ້ອມຕ້ອງຄົງທີ່ຕະຫຼອດການທົດລອງ, ແຕ່ຈົວເລກທີ່ໄດ້

ອາດຈະຜິດພາດໄດ້ ເພາະການຄາຍນ້ຳມັກຈະສູງຫຼາຍເນື່ອງຂາກວ່າໃບຖືກຕັດອອກຈາກຕົ້ນເຮັດໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງແຮງດັນໃນທໍລຳລຽງ.

7.3. ວິທີຂອງ Freeman ໃຊ້ສ່ວນທີ່ຢູ່ເທິງໜ້າດິນຂອງພືດຫຸ້ມດ້ວຍຫຼອດແກ້ວ ແລ້ວໃຫ້ອາກາດແຫ້ງພັດຜ່ານ, ຈາກນັ້ນເກັບຕົວຢ່າງຂອງອາຍນ້ຳໃນອາກາດໃນຫຼອດທີ່ບັນຈຸຟອສຟໍຣັສເພນຕາອອກໄວ້ ຫຼື ແຕລຊຽມຄູໂຣ ແລ້ວນຳໄປຊັ່ງນ້ຳໜັກ, ແຕ່ວິທີນີ້ອາດມີຂໍ້ຜິດພາດເພາະສ່ວນອາກາດແຫ້ງທີ່ຜ່ານອາດຈະມີຜົນຈໍາການຄາຍນ້ຳໄດ້.

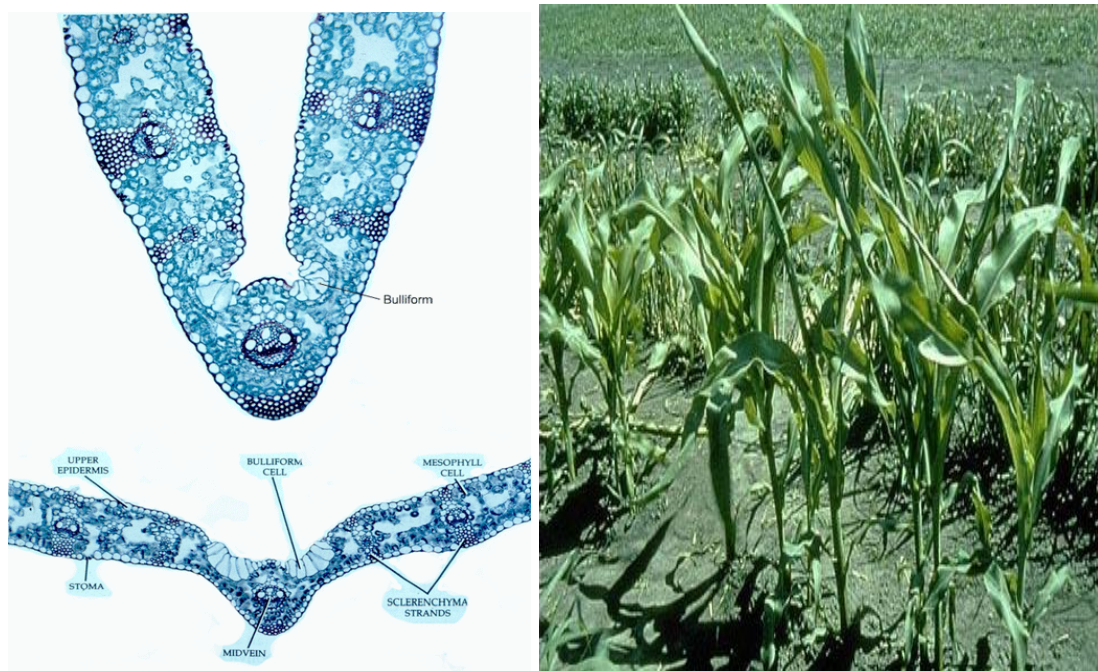
7.4. ໃຊເຈ້ຍປ່ຽນສີໄດ້ (color indicator paper) ໂດຍໃຊ້ເຈ້ຍຕອງທາດລະລາຍໂຄບອນຄູໂຣເຂັ້ມຊັ້ນ 3-5 % ແລ້ວເຮັດໃຫ້ແຫ້ງໃນຕູ້ອົບຈົນເກີດສີຟ້າຂຶ້ນ, ເມື່ອເຈ້ຍນີ້ດູດຊັບຄວາມຊຸ່ມຈະປ່ຽນເປັນສີຊົມພູ, ໃນການວັດການຄາຍນ້ຳເຮັດໄດ້ໂດຍໃຊ້ເຈ້ຍແຫ້ງວາງໄວ້ເທິງຜິວຂອງໃບແລ້ວປິດດ້ວຍ cover slip ທັງດ້ານເທິງ ແລະ ດ້ານລຸ່ມຂອງໃບ ແລະ ປ້ອງກັນຄວາມຊຸ່ມຈາກພາຍນອກໂດຍໃຊ້ທາດຈຳພວກໄຂມັນຫຸ່ມໄວ້, ເວລາທີ່ເຮັດໃຫ້ເຈ້ຍປ່ຽນສີຄືອັດຕາການຄາຍນ້ຳ. ວິທີນີ້ມີປະໂຫຍດໃນການປຽບທຽບລະຫວ່າງໃບຂອງພືດໃບດຽວກັນແຕ່ດ້ານຕ່າງກັນ ຫຼື ສອງໃບທີ່ຢູ່ໃນຕົ້ນດຽວກັນ, ແຕ່ຈະໃຊ້ບໍ່ໄດ້ກັບພືດທັງຕົ້ນເພາະເຈ້ຍຈະເຮັດໃຫ້ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງແສງຫຼຸດລົງ ແລະ ເຮັດໃຫ້ປາກໃບປິດ.

7.5. Infra-Red absorption ໃຊ້ແສງ Infra-Red ຜ່ານເຂົ້າໄປສູ່ໃບແລ້ວວັດຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງແສງທີ່ຜ່ານອອກມາ ໂດຍໃຊ້ photocell, ວິທີການນີ້ສາມາດວັດໄດ້ດ້ວຍສັງເກດຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງທີ່ຜ່ານອອກມາ ເພາະຖ້າໃບມີອ້າຍນ້ຳຢູ່ຫຼາຍຈະດູດເອົາແສງໄວ້ເຮັດໃຫ້ແສງທີ່ຜ່ານອອກມາອີກດ້ານໜຶ່ງມີຄວາມເຂັ້ມໜ້ອຍລົງ. ວິທີການນີ້ເຮັດໄດ້ຍາກ ແລະ ໃຊ້ວັດອັດຕາການຄາຍນ້ຳທີ່ປ່ຽນໄປເມື່ອການປ່ຽນສະພາບແວດລ້ອມ.

7.6. Potometer ເປັນການວັດການຄາຍນ້ຳຈາກອັດຕາການສູນເສຍນ້ຳຈາກຕົ້ນພືດ ຫຼື ຍອດ ໂດຍການວັດອັດຕາການດູດນ້ຳ ແລະ ສົມມຸດໃຫ້ຄ່າດູດນ້ຳ ແລະ ການສູນເສຍນ້ຳເທົ່າກັນ. ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ຄື Potometer ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍສ່ວນທີ່ເກັບນ້ຳ ແລະ ຫຼອດໃຫ້ນ້ຳໄຫຼ, ວິທີນີ້ໃຫ້ຜົນທີ່ຄາດເຄື່ອນໄດ້ເນື່ອງຈາກສ່ວນຂອງພືດອາດຈະມີຟອງອາກາດເຂົ້າໄປຕາມທໍລຳລຽງ ຈຶ່ງມັກໃຊ້ພືດທັງຕົ້ນ ແລະ ການຄາຍນ້ຳໜັກຈະສູງກວ່າອັດຕາການດູດນ້ຳ.

8. ການຫຼຸດອັດຕາການຄາຍນ້ຳ

ໃນພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ຫຍ້າ ແລະ ເຂົ້າໂພດ ຢູ່ໃນຊັ້ນເອພິເດມິສ ມີຈຸລັງຂະໜາດໃຫຍ່ ແລະ ຂອບຈຸລັງບາງເອີ້ນວ່າ: ບັລລີຟອຣ໌ມເຊລລ໌ (Bulliform cell) ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ໃບມ້ວນງໍໄດ້ເມື່ອພືດຂາດນ້ຳ ເຊິ່ງເປັນການຊ່ວຍຫຼຸດການຄາຍນ້ຳຂອງພືດໃຫ້ໜ້ອຍລົງ.



ຮູບ 2.6: ສະແດງການຫຼຸດການຄາຍນໍ້າຂອງເຂົ້າໂພດ

ພືດບາງຊະນິດມີການປັບໂຄງສ້າງໃຫ້ມີປະສິດທິພາບໃນການດູດນໍ້າໂດຍມີຮາກແຜ່ຂະຫຍາຍອອກເປັນບໍລິເວນກວ້າງ ຫຼື ມີຮາກຢ່າງເລິກລົງໄປໃນດິນ ເຊັ່ນ: ຫຍ້າແຝກ

ບາງຊະນິດມີລໍາຕົ້ນ ແລະ ໃບອອບນໍ້າ (Succulent) ເພື່ອສະສົມນໍ້າເຊັ່ນ: ກຸຫລາບຫີນ, ກະບອງເພັດ ເຊິ່ງການປິດ-ເປີດປາກໃບຈະຕ່າງຈາກພືດຊະນິດອື່ນໆ ຄືປາກໃບຈະເປີດເວລາກາງຄືນແລະປິດໃນເວລາກາງເວັນ ເພື່ອຫຼຸດອັດຕາການຄາຍນໍ້າ

ພືດທະເລຊາຍປະເພດກະບອງເພັດປາກໃບຈະຢູ່ບໍລິເວນລໍາຕົ້ນ ໂດຍມີການຫຼຸດຮູບໃບໃຫ້ຂະໜາດນ້ອຍລົງ ຫຼື ໃບປ່ຽນເປັນໝາມ

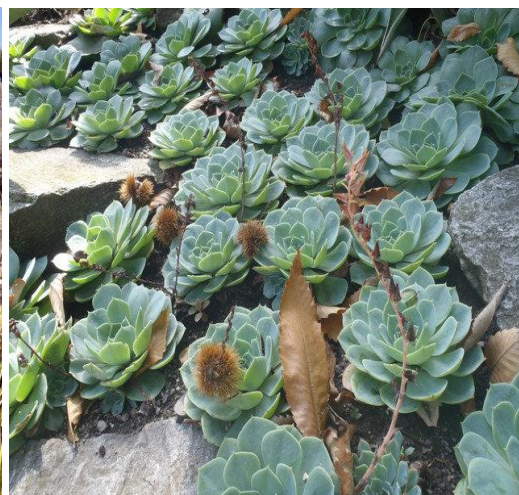
ພືດບາງຊະນິດອາດມີເອພິເດີມີສໜາກວ່າ 1 ຊັ້ນ ເຊິ່ງພົບທາງດ້ານຫຼັງຂອງໃບເອີ້ນວ່າ: Multiple epidermis ເຊິ່ງພົບໃນພືດທີ່ຢູ່ບ່ອນແຫ້ງແລ້ງ, ຊັ້ນດັ່ງກ່າວສາມາດຊ່ວຍຫຼຸດຄາຍນໍ້າຂອງພືດໄດ້



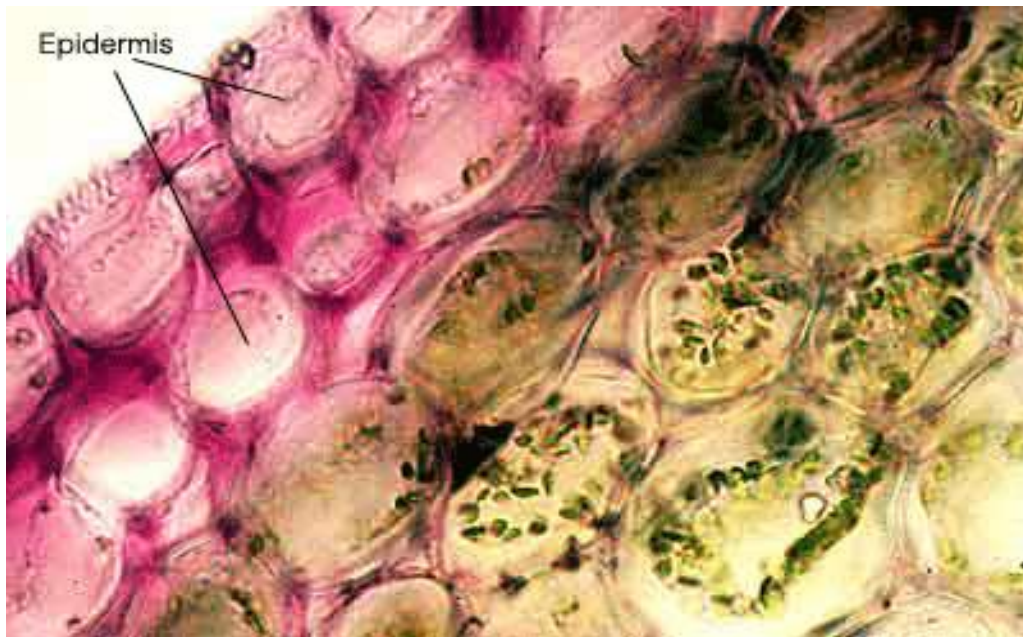
ຫຍ້າແຝກ



ຕົ້ນກະບອງເພັດ



ກຸຫລາບຫີນ



Multiple epidermis

ຮູບ 2.7. ສະແດງການປັບຕົວເພື່ອຫຼຸດອັດຕາການຄາຍນ້ຳຂອງພືດຊະນິດຕ່າງໆ

II. ການດູດ ແລະ ການລຳລຽງນ້ຳໃນພືດ (absorption and translocation of water)

ຂະບວນການທີ່ນ້ຳຈາກສານລະລາຍໃນດິນເຂົ້າສູ່ຮາກ ໂດຍຜ່ານຊັ້ນຈຸລັງຊັ້ນເອພິເດີມິສ, ຄໍຣ໌ເທັກຊ໌, ເອັນໂຕເດີມິສ ເຂົ້າສູ່ໄຊແລັມນັ້ນເອີ້ນວ່າ ຂະບວນການດູດນ້ຳ (absorption), ສ່ວນການທີ່ນ້ຳຂຶ້ນສູ່ຍຶດເອີ້ນວ່າຂະບວນການລຳລຽງ (translocation), ການດູກ ແລະ ການລຳລຽງນ້ຳເກີດຂຶ້ນໄດ້ຫຼາຍວິທີ ເຊິ່ງຂຶ້ນຢູ່ກັບສະພາບແວດລ້ອມ ແລະ ສະພາວະພາຍໃນພືດ ເຊິ່ງຈະກ່າວເຖິງແຕ່ລະຂະບວນການດັ່ງນີ້:

1. ຂະບວນການດູດນ້ຳ

ການດູດນ້ຳຂອງພືດສ່ວນໃຫຍ່ນັ້ນຜ່ານທາງຮາກ, ແຕ່ມີບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ພືດອີງອາໃສ (epiphyte) ສາມາດດູດນ້ຳໂດຍ aerial root ແລະ ສ່ວນອື່ນໆ ໄດ້ແກ່: ໃບ, ລາຕິນ ຫຼື ພືດນ້ຳ (hydrophyte) ດູດນ້ຳໄດ້ຈາກເກືອບທຸກສ່ວນ.

ພືດທົ່ວໄປໄດ້ຮັບນ້ຳຈາກດິນ ໂດຍການດູດເຂົ້າທາງຮາກ (ຍົກເວັ້ນພືດບາງຊະນິດພວກເອພິໄຟ (epiphyte) ໄດ້ຮັບນ້ຳຈາກອາຍນ້ຳ ຫຼື ຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດ, ສ່ວນພືດທີ່ເປັນກາຝາກຈະດູດນ້ຳໂດຍອາໃສຮອສໂທເຣຍ (haustoria) ແທງທະລູຜິດຕົ້ນພືດທີ່ອາໄສຢູ່, ສາລັບສ່ວນອື່ນໆຂອງພືດເຊັ່ນ: ຮາກອາກາດ; ຜິວໃບ ແລະ ລຳຕົ້ນກໍ່ອາດດູດຄວາມຊຸ່ມຈາກອາກາດໄດ້ໂດຍກົງແຕ່ໃນປະລິມານໜ້ອຍ), ພາກສ່ວນຂອງຮາກທີ່ມີບົດບາດສຳຄັນໃນການດູດນ້ຳຄື ບໍລິເວນຂົນຮາກ (root hair zone) ເຊິ່ງຈະມີຂົນຮາກຈານວນຫຼວງຫຼາຍ ເຮັດໃຫ້ເພີ່ມເນື້ອທີ່ຜິວສຳຜັດກັບນ້ຳເຊິ່ງແຊກຕົວຢູ່ໃນຊ່ອງຫວ່າງຂອງດິນໄດ້ເປັນຈຳນວນຫຼາຍ, ບໍລິເວນຂົນຮາກເປັນບໍລິເວນທີ່ຢູ່ຖັດຈາກປາຍຮາກຂຶ້ນມາພຽງເລັກນ້ອຍ ເຊິ່ງຢູ່ຖັດຈາກປາຍຮາກປະມານ 20-200 mm, ສຳລັບພືດທີ່ຢູ່ໃນນ້ຳສ່ວນໃຫຍ່ຈະບໍ່ມີຂົນຮາກ ແລະ ໃນພືດບາງຊະນິດທີ່ມີອາຍຸແກ່ຂຶ້ນຈະມີການສ້າງເພີຣີເດີມ (periderm) ຂຶ້ນແທນຈຸລັງຜິວ (epidermis) ແລະ ຈະບໍ່ມີຂົນຮາກ ເນື່ອງຈາກຊັ້ນເພີຣີເດີມມີຈຸລັງພວກ cork ແລະ ມີການສ້າງສານຊູເບີຣິນ (suberin) ເຊິ່ງຈະກັ້ນການໄຫຼຂອງນ້ຳເຂົ້າສູ່ຈຸລັງພືດ ແຕ່ພືດກໍ່ສາມາດດູດນ້ຳເຂົ້າທາງຮອດແຕກຕາມຜິວຂອງຮາກ ເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ ເລກຕີເຊລ (lenticel) ຫຼື ຜ່ານທາງຮາກຂະແໜງ (lateral root)

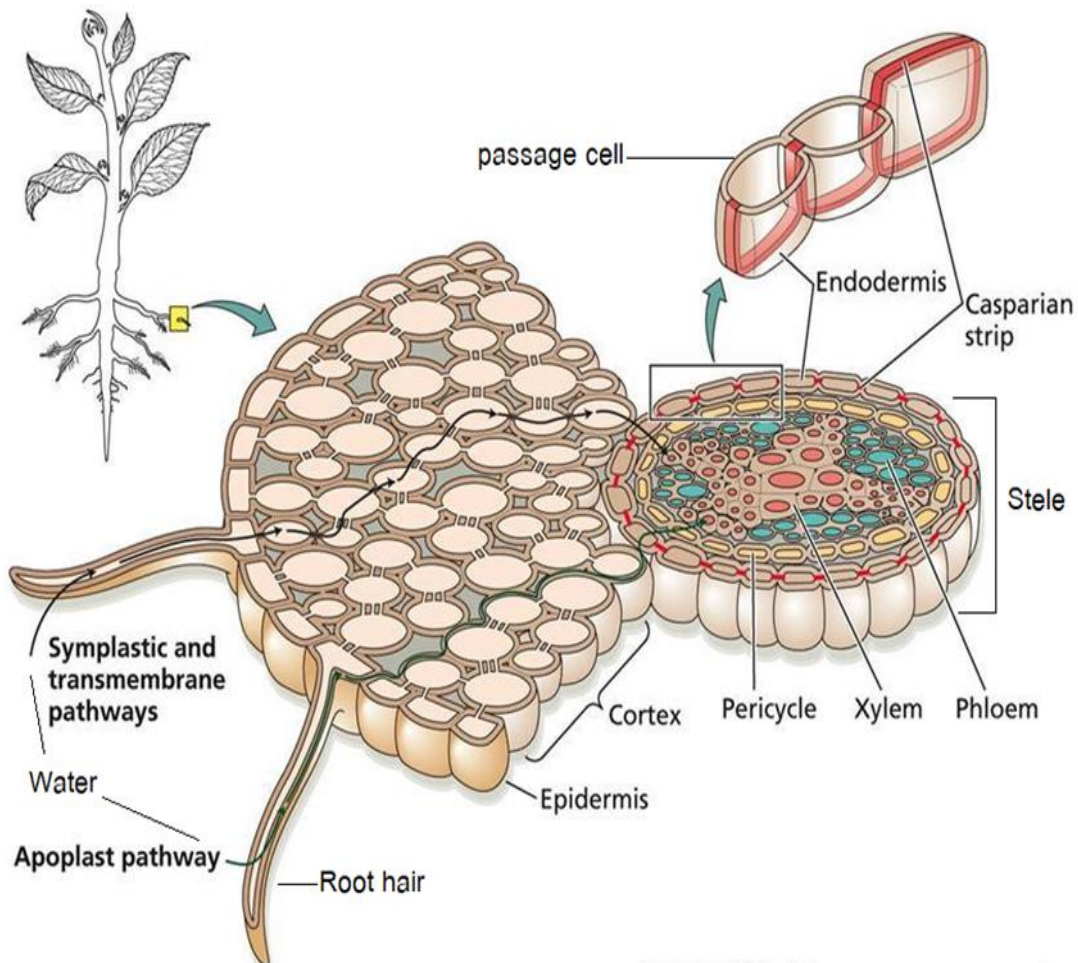
ນ້ຳຈາກດິນສາມາດເຄື່ອນຍ້າຍໄປສູ່ຮາກໄດ້ດ້ວຍຂະບວນການອິສໂມຊິສ (Osmosis) ໂດຍເກີດຈາກຄວາມແຕກຕ່າງຂອງວັດຖຸໄຟຟ້າເທັນຊຽນຂອງຮາກກັບນ້ຳໃນດິນ ເຊິ່ງໂດຍທົ່ວໄປຄ່າວັດຖຸໄຟຟ້າເທັນຊຽນຂອງນ້ຳໃນດິນ

ຈະມີຄ່າສູງກວ່າຮາກ ດັ່ງນັ້ນນ້ຳຈຶ່ງສາມາດເຄື່ອນທີ່ຈາກດິນເຂົ້າສູ່ຮາກໄດ້. ເມື່ອຮາກພືດດູດນ້ຳຈາກດິນແລ້ວຈະມີການລ່າລຽງສິ່ງໄປສູ່ລຳຈື້ນ, ໃບ ແລະ ຍອດ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຄ່າວິເຄີໄຟເທັນຊຽນໃນຮາກມີຄ່າຂ້ອນຂ້າງຄົງທີ່ບໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນເນື່ອງຈາກດູດນ້ຳຫຼາຍປານໃດ. ປົກກະຕິຮາກພືດຈະມີຄ່າວິເຄີໄຟເທັນຊຽນສະເລ່ຍປະມານ -2 ບາຣ໌, ສາລັບຄ່າວິເຄີໄຟເທັນຊຽນຂອງດິນຈະປ່ຽນແປງໄປຕາມປະລິມານນ້ຳໃນດິນເຊິ່ງມີຄ່າສະເລ່ຍປະມານ -0.5 ບາຣ໌. ໃນດິນທີ່ອົມຕົວດ້ວຍນ້ຳຈະມີຄ່າວິເຄີໄຟເທັນຊຽນສູງກວ່າໃນຮາກ ນ້ຳຈຶ່ງເກີດການເຄື່ອນທີ່ຂາກບ່ອນທີ່ມີຄ່າສູງໄປຫາບ່ອນທີ່ມີຄ່າຕໍ່າໃນຮາກໄດ້.

ຂະບວນການດູດນ້ຳປະກອບມີ 2 ຂະບວນການທີ່ສຳຄັນຄື:

1.1. ການດູດນ້ຳແບບ active (active absorption)

ໝາຍເຖິງການດູດນ້ຳທີ່ຮາກມີສ່ວນໂດຍກົງ, ດານໃຫ້ສານຢັບຢັ້ງເມຕາໂບລິສຊິມພາຍໃນຮາກສາມາດຢັບຢັ້ງການດູດນ້ຳຂອງຮາກໄດ້ ເຊິ່ງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າການດູດນ້ຳວິທີນີ້ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງ ແຕ່ເປັນການໃຊ້ພະລັງງານທາງອ້ອມຄືໃຊ້ເພື່ອຮັກສາສະພາບຂອງຈຸລັງທີ່ມີຊີວິດ ແລະ ໃຊ້ເພື່ອການດູດແຮ່ທາດຕ່າງໆເຂົ້າໄປໃນຈຸລັງ ເຊິ່ງຈະເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຕ່າງລະດັບຂອງ osmotic potential (ຄວາມໝາຍຈະຕ່າງໄປຈາກການດູດແຮ່ທາດແບບແອັກທີບ)



ຮູບ 2.8 ສະແດງການດູດນ້ຳແບບ active absorption ແລະ passive absorption ຂອງຮາກພືດ

ໂດຍທົ່ວໄປ Ψ ຂອງນ້ຳໃນໄຊແລັມຂອງພືດທີ່ມີການຄາຍນ້ຳຊ້າໆ ຫຼື ໜ້ອຍມີຄ່າປະມານ -0,2 MPa ຫຼື ຕໍ່າກວ່ານີ້ເລັກນ້ອຍ, ໃນຂະນະທີ່ດິນມີ Ψ ປະມານ -0.1 MPa ເຊິ່ງສູງກວ່າໃນຮາກຫຼາຍຈຶ່ງເກີດການແພ່ຂອງນ້ຳ ແລະ ໄອອອນເຂົ້າສູ່ຂົນຮາກ ແລະ apoplast ຊັ້ນນອກ, ໄອອອນຈະແພ່ຜ່ານແມມແບນເຂົ້າໄປໃນຈຸລັງ

ໂດຍຜ່ານທາງຮູ້ແມ່ແບນ (channel) ຫຼື ອາໄສຕົວນຳພາ (carrier) ແລ້ວເຄື່ອນຍ້າຍຜ່ານຈຸລັງຊັ້ນຕ່າງໆ ຕາມເສັ້ນທາງ symplast ເຂົ້າສູ່ພາຍໃນຊັ້ນສະຕິລ (stele) ຈາກນັ້ນຈະຖືກສົ່ງອອກສູ່ apoplast ສ່ວນໃນໂດຍໃຊ້ພະລັງງານ, ແຕ່ສຳລັບນ້ຳສ່ວນໃຫຍ່ຈະແພ່ໄປທາງ apoplast ເພາະເສັ້ນທາງນີ້ມີແຮງຕ້ານທານການໄຫຼ ຫຼື ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳໜ້ອຍກວ່າ, ເມື່ອນ້ຳແພ່ເຖິງຊັ້ນເອັນໂດເດີມິສ (endodermis) ກໍ່ຈະແພ່ຕໍ່ໄປຕາມຂອບຈຸລັງ ຫຼື ຊ່ອງວ່າງລະຫວ່າງຈຸລັງບໍ່ໄດ້, ປະກອບກັບໄອອອນສ່ວນໃຫຍ່ສະສົມຢູ່ໃນຊັ້ນ stele ເຮັດໃຫ້ລະດັບພະລັງງານຂອງນ້ຳໃນ apoplast ຊັ້ນນອກສູງກວ່າ apoplast ຊັ້ນໃນ, ດັ່ງນັ້ນນ້ຳຈຶ່ງແພ່ຜ່ານເຈ້ຍຫຸ່ມຂອງເອັນໂດເດີມິສ (ໂອສະໂມຊິສ) ເຂົ້າສູ່ apoplast ຊັ້ນໃນ, ຖ້ານ້ຳແພ່ເຂົ້າໄປສະສົມຢູ່ຫຼາຍໆຈະເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມດັນ (hydrostatic pressure) ຄືກັນກັບທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນໂອສະໂມມີເຕີ ເອີ້ນຄວາມດັນນີ້ວ່າ ຄວາມດັນຮາກ (root pressure), ເຊິ່ງສະແດງໃຫ້ເຫັນໄດ້ໂດຍການຕັດສ່ວນຂອງລຳຕົ້ນອອກແລ້ວຕໍ່ທີ່ເຂົ້າກັບສ່ວນຂອງລຳຕົ້ນທີ່ເຫຼືອຈະສັງເກດເຫັນມາດລະລາຍໃນທີ່ໄຊແລ້ມຂຶ້ນໄປໃນທີ່ (ຮູບ 2.9). ໃນນັ້ນການສູນເສຍນ້ຳທາງ hydathode ມີປະກົດການ guttation ນ້ຳກໍ່ຖືກສົ່ງອອກໂດຍແຮງດັນຮາກ.

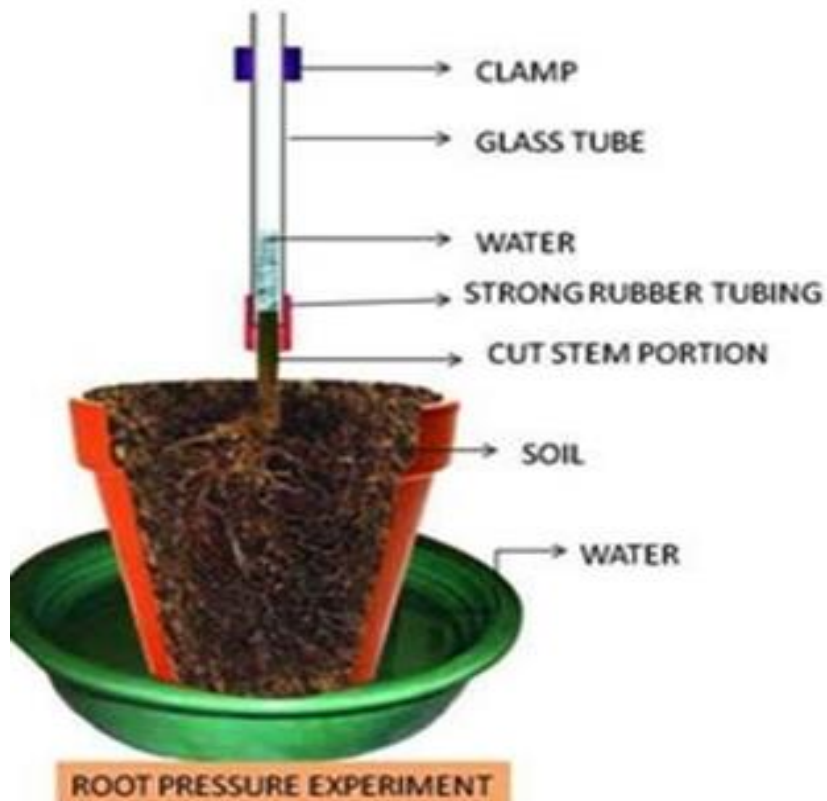
ການດູດນ້ຳໂດຍການແພ່ ແລະ ໂອສະໂມຊິສນີ້ ເຖິງວ່າບາງຊ່ວງເວລາຂອງວັນຈະເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍກວ່າວິທີອື່ນ, ແຕ່ກໍ່ຖືວ່າສຳຄັນຫຼາຍເພາະເກີດຂຶ້ນໄດ້ສະໝິດຖ້າເວລາໃດ Ψ ຂອງຮາກຫາກຍັງຕ່ຳກວ່າ Ψ ຂອງດິນ.

1.2. ການດູດນ້ຳແບບ passive (passive absorption)

ຂະບວນການດູດນ້ຳແບບນີ້ຮາກເປັນພຽງທາງຜ່ານຂອງນ້ຳເທົ່ານັ້ນບໍ່ໄດ້ກ່ຽວຂ້ອງໂດຍກົງໃນການດູດນ້ຳ, ເຖິງວ່າຮາກຈະບໍ່ມີຊີວິດການດູດນ້ຳແບບນີ້ກໍ່ຍັງເກີດຂຶ້ນໄດ້ ແລະ ເພີ່ມຫຼາຍຂຶ້ນກວ່າໃນຂະນະທີ່ຮາກຍັງມີຊີວິດອີກດ້ວຍ ເພາະບໍ່ມີຄວາມຕ້ານທານຂອງເຈ້ຍຫຸ່ມຈຸລັງ ຫຼື ໄຊໂທພລາສຊິມ.

ເນື່ອງຈາກການຕາຍນ້ຳຂອງໃບພືດເຮັດໃຫ້ຄ່າ Ψ ຂອງນ້ຳໃນໄຊແລ້ມມີຄ່າເປັນລົບ (ເບິ່ງກົນໄກການເກີດແຮງດຶງໃນຂໍ້ຕໍ່ໄປ) ແຮງດຶງນີ້ສົ່ງຜ່ານໄປສູ່ແພຈຸລັງຂອງຮາກເຮັດໃຫ້ເກີດການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳແບບ mass flow ທາງ apoplast ເຊິ່ງນ້ຳອາກຈະຜ່ານໄປຕາມຮອຍແຍກຂອງຊັ້ນຕ່າງໆທີ່ເກີດຂຶ້ນເມື່ອມີການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຮາກຂະແໜງດັ່ງທີ່ໄດ້ກ່າວມາແລ້ວ ຫຼື ອາດຈະຜ່ານໄປຕາມຂອບຈຸລັງຂອງ passage cell ເຊິ່ງເປັນຈຸລັງໃນຊັ້ນເອັນໂດເດີມິສທີ່ມີຂອງຈຸລັງບາງເນື່ອງຈາກບໍ່ມີການສະສົມຂອງທາດຊູເບີຣິນ ແລະ ຈຸລັງເຫຼົ່ານີ້ຢູ່ບໍລິເວນໃກ້ກັບໄຊແລ້ມ, ສະນັ້ນນ້ຳຈຶ່ງເຄື່ອນທີ່ຜ່ານໄປສູ່ໄຊແລ້ມໄດ້ໂດຍສະດວກ.

ການດູດນ້ຳໃນແບບ passive ນີ້ຖືວ່າມີຄວາມສາຄັນຢ່າງຍິ່ງ, ເນື່ອງຈາກປະລິມານນ້ຳສ່ວນໃຫຍ່ທີ່ພືດໄດ້ຮັບໃນເວລາກາງເວັນມາຈາກວິທີນີ້ ແລະ ເຖິງແມ່ນວ່າຢູ່ໃນສະພາບທີ່ນ້ຳໃນດິນມີໜ້ອຍ ແລະ ຄ່າ Ψ ຢູ່ໃນຊ່ວງ -1,5 ເຖິງ -2,0 MPa ກໍ່ຕາມການດູດນ້ຳແບບນີ້ກໍ່ຍັງສາມາດເກີດຂຶ້ນໄດ້, ທັງນີ້ເພາະ Ψ_p ທີ່ມີຄ່າຕິດລົບເຮັດໃຫ້ Ψ ຂອງໄຊແລ້ມຕ່ຳກວ່າຂອງທາດລະລາຍໃນດິນ, ໃນຂະນະທີ່ການດູດນ້ຳແບບ active ຈະເກີດຂຶ້ນເມື່ອ Ψ ຂອງດິນຫຼຸດຕ່ຳລົງບໍ່ເກີນ -0,2 MPa.



ຮູບທີ 2.9 ແຮງດັນ hydrostatic pressure

2. ການລຳລຽງນ້ຳຂອງພືດ

ນ້ຳເປັນທາດປະສົມທີ່ສຳຄັນເຊິ່ງພືດດູດ ແລະ ລຳລຽງໄປໃຊ້ໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມຕ່າງໆ ເຊັ່ນ: ຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງໂດຍພືດໃຊ້ນ້ຳເປັນວັດຖຸດິບ. ນອກນັ້ນນ້ຳຍັງມີຄວາມສຳຄັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການຂອງພືດ ເຊິ່ງນ້ຳທີ່ຮາກພືດດູດເອົາຈາກດິນນັ້ນສ່ວນໜຶ່ງພືດນຳໄປໃຊ້ໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕ, ບາງສ່ວນສະສົມໄວໃນຈຸລັງພືດ ແລະ ສ່ວນໃຫຍ່ກໍ່ຖືກປ່ອຍອອກສູ່ບັນຍາກາດພາຍນອກໂດຍຂະບວນການຄາຍນ້ຳ, ເມື່ອມີການຄາຍນ້ຳເກີດຂຶ້ນພືດກໍ່ຈະຕ້ອງມີການດູດນ້ຳມາຈາກດິນ ແລະ ລຳລຽງໄປສູ່ລາຕົ້ນ, ໃບ ແລະ ຍອດເພື່ອທົດແທນນ້ຳທີ່ສູນເສຍໄປ. ນອກຈາກພືດສາມາດດູດນ້ຳຈາກດິນແລ້ວ ສ່ວນອື່ນໆຂອງພືດທີ່ຢູ່ເໜືອດິນເຊັ່ນ: ຮາກອາກາດ, ໃບ ແລະ ລາຕົ້ນກໍ່ສາມາດດູດນ້ຳ ຫຼື ອາຍນ້ຳໃນອາກາດໄດ້.

ຈາກສະຖິຕິທີ່ໄດ້ມີການບັນທຶກໄວ້ໃນປີ 1970 ຕົ້ນ *Sequoia* ໃນລັກຄາຣິຟໍເນຍ ນັບວ່າເປັນຕົ້ນໄມ້ທີ່ສູງມຮາສຸດຄືສູງເຖິງ 111,6 ແມັດ, ຖ້າເຮົາພິຈາລະນາເຖິງການລຳລຽງນ້ຳຂອງພືດແລ້ວກໍ່ໜ້າພິດສະດານຢ່າງຍິ່ງວ່າ ນ້ຳສາມາດຂຶ້ນໄປສູ່ປາຍຍອດທີ່ສູງປານນັ້ນໄດ້ແນວໃດ. ຖ້າເຮົາເອົາຫຼອດແກ້ວທີ່ຍາວໆປາຍຂ້າງໜຶ່ງປິດແລ້ວບັນຈຸນ້ຳໃຫ້ເຕັມຈາກນັ້ນຂ້ວມລົງໃນອ່າງທີ່ມີນ້ຳຄວາມດັນຂອງບັນຍາກາດ (ທີ່ລະດັບໜ້ານ້ຳທະເລ = 0,1 MPa) ຈະດັນໃຫ້ນ້ຳຍັງຢູ່ໃນຫຼອດໄດ້ເຖິງລະດັບຄວາມສູງບໍ່ເກີດ 10,4 ແມັດ ຫຼື 760 ແມັດຂອງປູອທ, ດັ່ງນັ້ນຖ້າພິຈາລະນາເຖິງຕົ້ນໄມ້ 110 ແມັດຈະຕ້ອງໃຊ້ແຮງດັນປະມານ 1,1 MPa ລວມກັບແຮງດັນອີກສ່ວນໜຶ່ງທີ່ຈະເອົາຊະນະແຮງຕ້ານທານໃນທໍ່ລຳລຽງ, ຖ້າເຮົາປະມານໃຫ້ເທົ່າກັບທີ່ໃຊ້ໃນການຍົກນ້ຳລວມແລ້ວຢ່າງໜ້ອຍຕ້ອງໃຊ້ແຮງປະມານ 2,2 MPa (ໝາຍເຫດ ແຮງດັນຢາງລົດໃຫຍ່ທົ່ວໄປປະມານ 0,2 MPa)

2.1. ກົນໄກການລຳລຽງນ້ຳຂອງພືດ

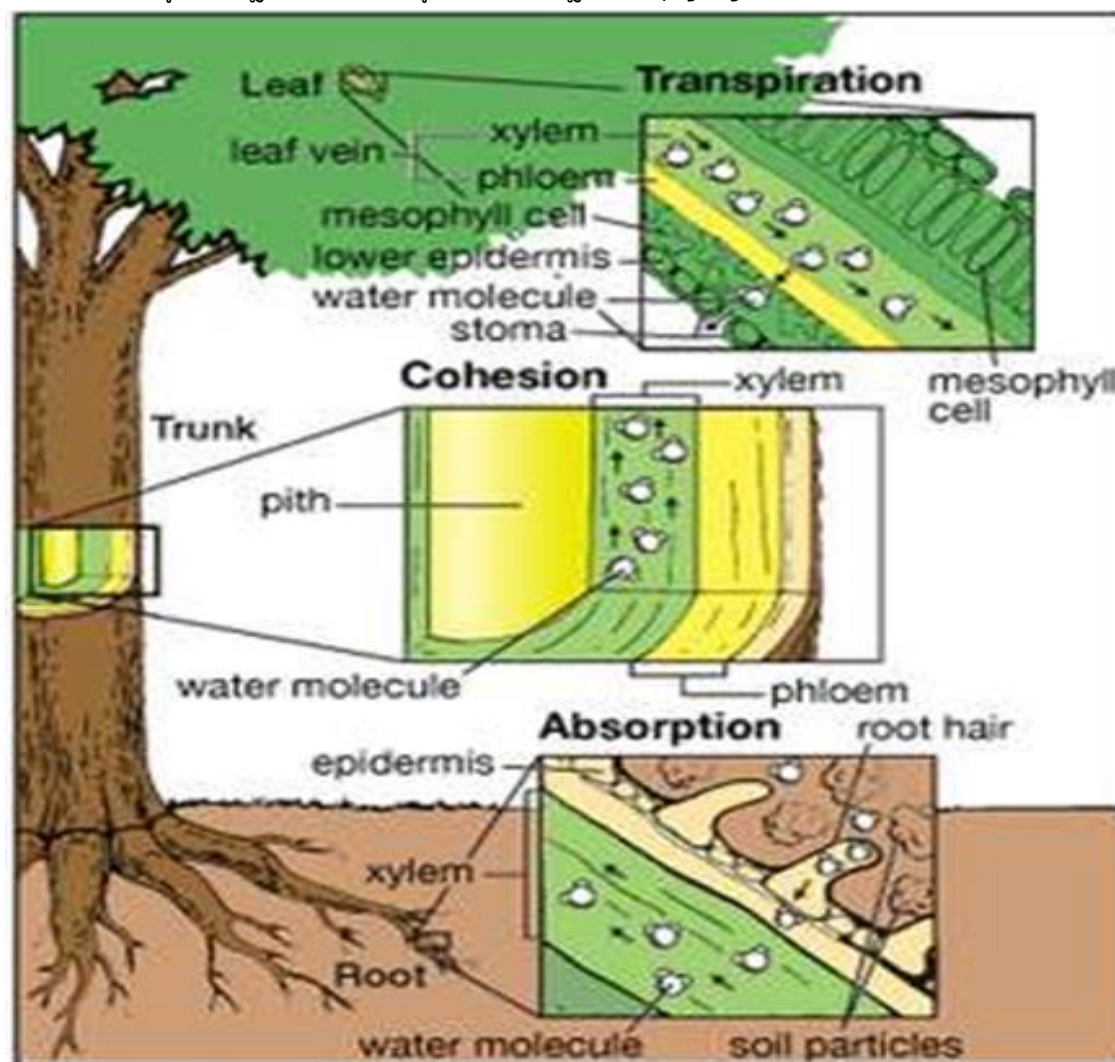
ນັກວິທະຍາສາດໄດ້ພະຍາຍາມຫາກົດເກນຕ່າງໆມາອະທິບາຍເລື່ອງການຂຶ້ນຂອງນ້ຳໃນຕົ້ນພືດ, ເຊິ່ງບາງທິດສະດີໃຊ້ອະທິບາຍກັບພືດບາງຊະນິດເທົ່ານັ້ນ, ວິທີການຕ່າງໆນັ້ນໄດ້ແກ່:

2.1.1. ຄວາມດັນຮາກ (Root pressure)

ເມື່ອພືດດູດນ້ຳທາງຮາກຕະຫຼອດເວລາ ຈະເຮັດໃຫ້ນ້ຳໃນຮາກມີຈຳນວນຫຼາຍຂຶ້ນຈົນເກີດແຮງດັນໃນຮາກສູງຂຶ້ນ ຈົນສາມາດດັນໃຫ້ຂອງແຫຼວໄຫຼຂຶ້ນຕາມທໍ່ໄຊແລັມ (Xylem), ແຮງດັນນີ້ເອີ້ນວ່າ ແຮງດັນຮາກ (Root pressure) ຫາກປາກໃບເປີດຈະດັນຕໍ່ເນື່ອງຈົນອອກມາເປັນອາຍນ້ຳທາງປາກໃບ, ແຕ່ເມື່ອປາກໃບປິດນ້ຳຈະອອກມາເປັນຢອດນ້ຳທີ່ປາຍຂອງເສັ້ນໃບເຊິ່ງມີຮູ້ມ້ອຍໆ.

ໃນສະພາວະທີ່ນ້ຳໃນດິນມີຫຼາຍ ຫຼື ອັດຕາການຄາຍນ້ຳຂອງພືດໜ້ອຍກວ່າອັດຕາການດູດນ້ຳ, ນ້ຳທີ່ພືດດູດເຂົ້າໄປໂດຍຂະບວນການ active ຈະເຂົ້າໄປສະສົມໃນໄຊແລັມເຮັດໃຫ້ເກີດແຮງດັນຮາກຂຶ້ນໄປໄດ້ລະດັບໜຶ່ງ ເຊິ່ງໂດຍທົ່ວໄປຄວາມດັນຮາກຈະມີປະມານ 0,1-0,5 MPa ນ້ຳຈຶ່ງຂຶ້ນໄປໂດຍວິທີນີ້ໄດ້ປະມານ 10-20 ແມັດ, ເຖິງວ່າຈະມີລາຍງານວ່າຄວາມດັນຮາກໃນພືດບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ອາງຸ່ນ, ເຄືອຊະໜາດໃຫຍ່ມີຄ່າສູງກວ່ານີ້ ແຕ່ກໍບໍ່ສາມາດນຳມາອະທິບາຍການຂຶ້ນຂອງນ້ຳໃນພືດທີ່ສູງໆໄດ້ ເພາະພືດບາງຊະນິດບໍ່ມີຄວາມດັນຮາກ ຫຼື ມີກໍ່ມີໜ້ອຍທີ່ສຸດເຊັ່ນ: ພວກຕົ້ນສິນ (ພວກ conifer ລວມເຖິງ *Sequoia*) ດັ່ງນັ້ນຄວາມດັນຮາກຈຶ່ງໃຊ້ອະທິບາຍໄດ້ໃນພືດທີ່ມີຄວາມສູງບໍ່ຫຼາຍ ແລະ ໃນພືດບາງຊະນິດເທົ່ານັ້ນ.

ຄວາມດັນຮາກມີບົດບາດສຳຄັນໃນການຕື່ມນ້ຳໃຫ້ແກ່ຈຸລັງ vessel ຂອງພືດທີ່ມີຊະໜາດນ້ອຍ ຫຼື ສ່ວນທີ່ລຳລຽງທີ່ມີຟອງອາກາດແຊກຢູ່ (embolism) ໃນສ່ວນ sap wood ຂອງພືດທີ່ມີເນື້ອໄມ້ທີ່ຜ່ານການພັກຕົວໃນລະດູໜາວ ຫຼື ຈາກການື້ພືດສູນເສຍນ້ຳໄປຫຼາຍໃນຊ່ວງກາງເວັນ.



ຮູບທີ 2.10 ຄວາມດັນຮາກໃນພືດ (Root pressure)

2.1.2. ແຮງຄາພິລາຣີ (capillary force)

ເນື່ອງຈາກທີ່ໄຊແລມທີ່ລຳລຽງນ້ຳເປັນທີ່ທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍຫຼາຍຄືກັນກັບຫຼອດແກ້ວຄາພິລາຣີຈຶ່ງສາມາດດູດທາດແຫຼວໃຫ້ເຂົ້າໄປໃນທີ່ໄດ້ ໂດຍອາໄສແຮງໂຄຣຮີຊັນ (cohesion) ແລະ ແອັກຮີຊັນ (adhesion), ນ້ຳຈະຂຶ້ນໄປໄດ້ສູງຫຼາຍ ຫຼື ນ້ອຍປານໃດນັ້ນຈະຂຶ້ນຢູ່ກັບຂະໜາດຂອງທີ່ລຳລຽງ, ຖ້າທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍນ້ຳຈະຂຶ້ນໄປໄດ້ສູງກວ່າທີ່ທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່, ໂດຍທົ່ວໄປແລ້ວ vessel ມີຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງປະມານ 40 ໄມຄອນ ເຊິ່ງເມື່ອນ້ຳເອົາຄ່າແຮງຕຶງຜິວ ແລະ ນ້ຳໜັກຂອງນ້ຳທີ່ຈະຂຶ້ນໄປໄດ້ມາຄິດໄລ່ເປັນຕົວເລກພົບວ່ານ້ຳສາມາດຂຶ້ນໄປໃນທີ່ລຳລຽງໂດຍວິທີນີ້ບໍ່ເກີດ 75 ຊັງຕີແມັດ, ດັ່ງນັ້ນແຮງຕາພິລາຣີຈຶ່ງໃຊ້ອະທິບາຍການລາລຽງນ້ຳໄດ້ສະເພາະພຶດຕະໜາດນ້ອຍເທົ່ານັ້ນ.

2.1.3. ແຮງດຶງຈາກການຄາຍນ້ຳ (Transpiration pull)

ເມື່ອພືດຄາຍນ້ຳອອກທາງປາກໃບ ຈະເຮັດໃຫ້ເກີດແຮງດຶງໃນທີ່ Xylem ດຶງນ້ຳຂຶ້ນສູ່ລຳຕົ້ນ ແລະ ໃບໄດ້, ຮາກຈຶ່ງເກີດແຮງດຶງນ້ຳຈາກດິນເຂົ້າມາໃນທີ່ Xylem ໄດ້, ແຮງດຶງເນື່ອງຈາກການສູນເສຍນ້ຳເອີ້ນວ່າແຮງດຶງຈາກການຄາຍນ້ຳ (Transpiration pull) ຫຼື ແຮງດຶງເນື່ອງຈາກການຄາຍນ້ຳ ແລະ ໂມເລກຸນຂອງນ້ຳມີແຮງດຶງດູດລະຫວ່າງໂມເລກຸນທີ່ເອີ້ນວ່າ ໂຄຣຮີຊັນ (Cohesion) ເຮັດໃຫ້ການໄຫຼຂອງນ້ຳໃນທີ່ Xylem ຈຶ່ງຕໍ່ເນື່ອງກັນໄດ້

ເນື່ອງຈາກ Ψ ຂອງອາກາດມີຄ່າຕ່ຳຫຼາຍ ເຊິ່ງອາດຕ່ຳເຖິງ -100 MPa (50% RH ຄ່າ $\Psi = 94,4$ MPa) ເຮັດໃຫ້ເກີດການລະເຫີຍອາຍຂອງນ້ຳຈາກຮູໄຕ້ປາກໃບສູ່ອາກາດ ແລ້ວນ້ຳຕາມຂອບຈຸລັງ ຫຼື ຈາກພາຍນອກຈຸລັງທີ່ຢູ່ຮອບໆເຊິ່ງມີ Ψ ສູງກວ່າກໍຈະແພ່ເຂົ້າສູ່ຮູນັ້ນ ເຮັດໃຫ້ Ψ ຂອງຈຸລັງຮອບໆນັ້ນຫຼຸດລົງ

2.2. ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳ

2.2.1. ການເຄື່ອນທີ່ແບບບັກໄຟ (Bulk Flow)

ເປັນການເຄື່ອນທີ່ຂອງຂອງໄຫຼ ເຊິ່ງເຄື່ອນທີ່ໄປເອງໃນລະບົບທາງຟີຊິກ ແລະ ເຮັດໃຫ້ພະລັງງານຫຼຸດລົງ ໂດຍເອນໂທພີເພີ່ມຂຶ້ນ, ເປັນການໄຫຼໄປດ້ວຍຈຳນວນຫຼາຍໂດຍເປັນການຕອບສະໜອງຕໍ່ຄວາມແຕກຕ່າງຂອງຄວາມດັນເຊັ່ນ: ການໄຫຼຂອງນ້ຳພາຍໃຕ້ອິດທິພົນຂອງແຮງດຶງດູດຂອງໂລກ ເປັນຕົ້ນ, ໃນພຶດຕິໜັງພາຍໃນລຳຕົ້ນຈະເກີດຄວາມດັນຂຶ້ນພາຍໃນຈຸລັງແຕ່ຈະບໍ່ເກີດການໄຫຼຂອງນ້ຳແບບນີ້ຈາກພາຍໃນຂອງຈຸລັງສູ່ນອກຈຸລັງ ເພາະເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງຈະປ້ອງກັນການໄຫຼແບບ Bulk Flow ຢູ່, ຖ້າເຈ້ຍຫຸ້ມຂອງຈຸລັງໃຫ້ເປັນຮູຂອງແຫຼວໃນຈຸລັງຈະໄຫຼອອກນອກຈຸລັງໄດ້ໃນສະພາບຂອງ Bulk Flow

2.2.2. ການເຄື່ອນທີ່ແບບແພ່ (Diffusion), ໃນທາງກົງກັນຂ້າມກັບ Bulk Flow ການແພ່ ຫຼື Diffusion ກ່ຽວຂ້ອງກັບການເຄື່ອນທີ່ທີ່ເກີດເອງຂອງອະນຸພາກ, ການແພ່ຈະເກີດຂຶ້ນເມື່ອມີສະພາບຄວາມແຕກຕ່າງຂອງ chemical potential ລະຫວ່າງສອງສ່ວນຂອງລະບົບໜຶ່ງ, ສານທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຫຼາຍໃນສ່ວນໜຶ່ງຕາມປົກກະຕິຈະມີ chemical potential ສູງກວ່າອີກສ່ວນໜຶ່ງ ແລະ ຈະແພ່ໄປສູ່ສ່ວນທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນໜ້ອຍກວ່າ, ເຊິ່ງຫາກມີ chemical potential ແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍການແພ່ຈະຍິ່ງໄວຂຶ້ນ, ໃນນັ້ນນ້ຳສາມາດເຄື່ອນທີ່ຜ່ານເຈ້ຍຫຸ້ຍດ້ວຍວິທີນີ້ດ້ວຍ. ໃນກໍລະນີທີ່ມີອຸນຫະພູມຈະເຮັດໃຫ້ອັດຕາການແພ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ເພາະອຸນຫະພູມຈະເພີ່ມຄວາມໄວຂອງອະນຸພາກ Q_{10} ຂອງການແພ່ມີຄ່າ 1,2-1,4 ການເພີ່ມອຸນຫະພູມເຮັດໃຫ້ແຂນໄຮໂດຼເຈນນອງນ້ຳອ່ອນກຳລັງລົງ ແລະ ສານທີ່ລະລາຍໃນນ້ຳຈະແພ່ໄປໄວຂຶ້ນ.

2.2.3. ການໄຫຼຊົມຂອງນ້ຳຜ່ານເຈ້ຍຫຸ້ມ ຫຼື Osmosis, ເປັນການໄຫຼຂອງນ້ຳເມື່ອມີສານລະລາຍຊະນິດໜຶ່ງເຊິ່ງຖືກແຍກຈາກນ້ຳ ໂດຍເຈ້ຍຫຸ້ມເຊິ່ງມີຄຸນສົມບັດເປັນ Semi-permeable membrane ເຊິ່ງໂມເລກຸນຂອງນ້ຳຈະໄຫຼຜ່ານເຈ້ຍຫຸ້ມເຂົ້າໄປໃນສານລະລາຍ, ທັງນີ້ເພາະມີຄວາມຕ່າງກັນຂອງພະລັງງານໄດ້ຕໍ່ໂມນ

ຊອງນ້ຳ (y) ເຊິ່ງການສະແດງການເກີດ Osmosis ສາມາດເຮັດໄດ້ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງມືທີ່ເອີ້ນວ່າ ອອສໂມມີເຕີ (Osmometer) ແລະ ຄ່າພະລັງງານທີ່ສາມາດທຳງານໄດ້ຂອງນ້ຳສູງກວ່າອີກຈຸດໜຶ່ງ ຫຼື ເອີ້ນວ່າມີ Water potential gradient

2.3. ປັດໃຈທີ່ຄວບຄຸມການລຳລຽງນ້ຳ

2.3.1. ປະລິມານນ້ຳໃນດິນ, ເມື່ອນ້ຳໃນດິນມີປະລິມານພຽງພໍອັດຕາການດູດນ້ຳຂອງຮາກຈະມີຕາມໄປດ້ວຍ, ແຕ່ຖ້າມີປະລິມານນ້ຳໃນດິນຫຼາຍເກີນໄປຈົນເກີດນ້ຳຖ້ວມຂັງຢູ່ບໍລິເວນໂຄນຕົ້ນຫຼາຍຈົນເກີນໄປອັດຕາການດູດນ້ຳກໍຈະຫຼຸດລົງ ແລະ ຊ້າລົງກວ່າປົກກະຕິ ເນື່ອງຈາກສະພາບນ້ຳຖ້ວມຂັງຮາກເຮັດໃຫ້ປະລິມານກ້າສອອກຊີເຈນທີ່ຈຸລັງຂອງຮາກໄດ້ຮັບຈະຫຼຸດໜ້ອຍລົງ ເພາະປະລິມານກ້າສອອກຊີເຈນໃນນ້ຳຍ່ອມໜ້ອຍກວ່າທີ່ມີຢູ່ໃນສະພາບອາກາດຈິງເກີດຜົນກະທົບເຮັດໃຫ້ຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມ ຂອງຈຸລັງທີ່ບໍລິເວນຮາກເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍກວ່າອັດຕາປົກກະຕິ ເຊິ່ງມີຜົນເຮັດໃຫ້ຮາກຂາດນ້ຳໄດ້ທັງໆທີ່ຮາກແຊ່ຢູ່ໃນນ້ຳ.

2.3.2. ອຸນຫະພູມໃນດິນ, ມີສ່ວນກ່ຽວຂ້ອງກັບການລຳລຽງນ້ຳອີກດ້ວຍ, ອຸນຫະພູມໃນດິນຕ້ອງບໍ່ສູງ ຫຼື ຕ່ຳເກີນໄປຮາກຈິ່ງຈະດູດນ້ຳໄດ້ດີ ແລະ ໄວ, ໃນກໍລະນີທີ່ອຸນຫະພູມສູງ ຫຼື ຕ່ຳຫຼາຍໆ ຈົນນ້ຳກາຍເປັນນ້ຳແຂງແລ້ວຮາກພືດຈະບໍ່ສາມາດດູດນ້ຳໄດ້ເຮັດໃຫ້ຮາກຂາດນ້ຳ

2.3.3. ສານລະລາຍໃນດິນ, ການທີ່ສານລະລາຍໃນດິນມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງຫຼາຍເກີນໄປຈະເຮັດໃຫ້ພືດຕ້ອງສູນເສຍນ້ຳໃຫ້ກັບດິນ, ສະນັ້ນນ້ຳຈາກໃບ ແລະ ຮາກຈິ່ງແພ່ອອກສູ່ດິນຈົນເຮັດໃຫ້ພືດສູນເສຍນ້ຳໄປຫຼາຍຈົນເຮັດໃຫ້ພືດເຖິງຕາຍໄດ້

2.3.4. ອາກາດໃນດິນ, ອາກາດໃນດິນ ແລະ ການຖ່າຍເທອາກາດໃນດິນມີຄວາມສາຄັນຕໍ່ການດູດນ້ຳເຊັ່ນກັນ ເພາະຮາກຕ້ອງການອອກຊີເຈນໄປໃຊ້ໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມ, ຖ້າດິນອັດຕົວກັນແນ້ນເກີນໄປຈົນບໍ່ມີຊ່ອງຫວ່າງຂອງອາກາດ ຫຼື ມີນ້ຳຂັງຢູ່, ອາກາດໃນດິນກໍຈະໜ້ອຍລົງເຮັດໃຫ້ຮາກຂາດກ້າສ ອອກຊີເຈນສິ່ງຜົນໃຫ້ການດູດນ້ຳຂອງພືດກໍໜ້ອຍລົງດ້ວຍ.

3. ການລຳລຽງແຮ່ທາດຂອງພືດ

2.1. ແຮ່ທາດທີ່ມີຢູ່ໃນພືດ

ການສຶກສາກ່ຽວກັບຄວາມຕ້ອງການແຮ່ທາດຂອງພືດໄດ້ມີການສຶກສາແຕ່ດົນນານແລ້ວເຊັ່ນ: ເມື່ອປີ ພ.ສ 2242 ຈອນ ວູດເວີດ (John Woodward) ໄດ້ທົດລອງໃຊ້ນ້ຳຝົນທົດຕົ້ນຫຼົວປຽບທຽບກັບໃຊ້ນ້ຳໃນແມ່ນ້ຳ ພົບວ່າຕົ້ນຫຼົວຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນດິນທີ່ທົດດ້ວຍນ້ຳຈາກແມ່ນ້ຳ ແລະ ຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ດີຍິ່ງຂຶ້ນຖ້າໃຊ້ນ້ຳຈາກສານລະລາຍຂອງດິນ ເຊິ່ງໜ້າຈະເປັນເພາະສານລະລາຍໃນດິນ ແລະ ນ້ຳຈາກແມ່ນ້ຳມີສານບາງຢ່າງທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕົ້ນຫຼົວ, ດັ່ງນັ້ນການທົດລອງຂອງວູດເວີດຈິ່ງເປັນຈຸດເລີ່ມຕົ້ນການທົດລອງເພື່ອຫາວ່າມີແຮ່ທາດຫຍັງແດ່ທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ. ໃນ ພ.ສ 2403 ຈູລຽສ ຊາກ (Julius Sachs) ແລະ ໃນ ພ.ສ 2408 ດັບບລົວ ນອບ (W. Knopf) ທົດລອງປູກພືດໃນສານລະລາຍຕ່າງໆໂດຍໃຊ້ສານລະລາຍແຮ່ທາດຕ່າງໆແຊ່ຮາກພືດເພື່ອສຶກສາ ວ່າມີແຮ່ທາດຫຍັງແດ່ທີ່ເຮັດໃຫ້ພືດຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້, ການປູກພືກໃນສານລະລາຍນີ້ເອີ້ນວ່າ ໄຮໂດຼພໍນິກ (Hydroponics) ຈາກວິທີຊື່ ຊາກ ແລະ ນອບ ພົບວ່າພືດຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນສານລະລາຍ 4 ຊະນິດຄື: ແຄລຊຽມໄນເຕຼດ, ໂພ ແທສຊຽມໄຮໂດຼເຈນຟອສເຟດ, ແມັກນີຊຽມຊີລເຟດ ແລະ ເຫຼັດຟອສເຟດ ໂດຍໃຊ້ເກືອປະລິມານເລັກໜ້ອຍລະລາຍໃນນ້ຳ. ຕໍ່ມາປະມານປີ ພ.ສ 2443 ຈິ່ງຮູ້ວ່າພືດຈາເປັນຕ້ອງໃຊ້ແຮ່ທາດ 7 ຊະນິດສຳລັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຄື: ໄນໂຕຼເຈນ, ຟອສຟັຣັສ, ໂພແທສຊຽມ, ແມັກນີຊຽມ, ແຄລຊຽມ, ກຳມະຖັນ ແລະ ເຫຼັກ

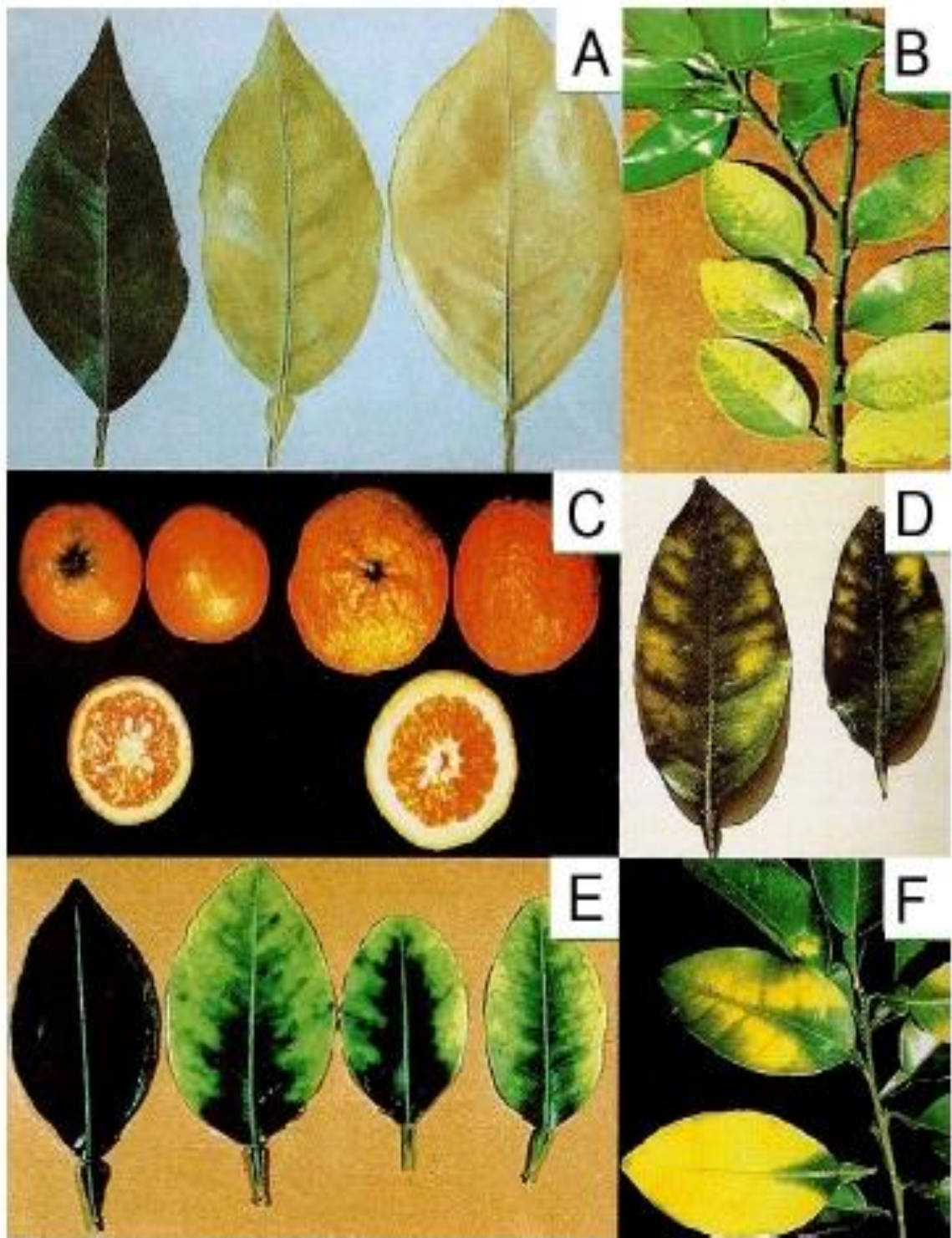
ເມື່ອນໍາພືດໄປວິເຄາະຫາຊະນິດ ແລະ ປະລິມານແຮ່ທາດຕ່າງໆ ພົບວ່າພືດແຕ່ລະຊະນິດຈະມີແຮ່ທາດທີ່ແຕກຕ່າງກັນໄປທັງຊະນິດ ແລະ ປະລິມານ, ຕົວຢ່າງໃນຕົ້ນເຂົ້າໂພດຈະມີຊະນິດ ແລະ ປະລິມານຂອງແຮ່ທາດແຕກຕ່າງກັນ

ຕາຕະລາງ 2.2. ປະລິມານແຮ່ທາດຕ່າງໆທີ່ພົບຢູ່ໃນພືດ

ລຳດັບ	ຊື່ທາດ	ເປີເຊັນຂອງທາດທີ່ພົບໃນພືດ (ນ້ຳໜັກແທ້ໆ)
1	C	45
2	O	45
3	H	6
4	N	1,5
5	K	1,0
6	Ca	0,5
7	Mg	0,2
8	P	0,2
9	S	0,1
10	Cl	0,01
11	Fe	0,01
12	Mn	0,005
13	Ni	0,003
14	Bo	0,002
15	Zn	0,002
16	ຄອບເປີ	0,0006
17	Mo	0,00001

ເມື່ອພືດນໍາແຮ່ທາດຕ່າງໆເຂົ້າໄປໃນລໍາຕົ້ນແລ້ວພືດຈະນໍາໄປໃຊ້ໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ດ້ານ ອື່ນໆ ດັ່ງນີ້:

- ເປັນສ່ວນປະກອບຂອງໂຄງສ້າງໄດ້ແກ່: ການສ້າງສານແຊລລູໂລສໂດຍໃຊ້ຄາບອນ, ສ່ວນທີ່ໃຊ້ສ້າງໂປຼຕີນຄືທາດໄນໂຕຼເຈນ.
- ໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊີມເຊັ່ນ: ການສ້າງພະລັງງານ ATP ໂດຍທາດຟອສຟໍຣັສ, ການສ້າງສ່ວນປະກອບຂອງຄໍໂຣຟິລໂດຍທາດແມກນີຊຽມ.
- ກະຕຸ້ນການເຮັດວຽກຂອງເອັນໄຊໄດ້ແກ່: ທອງ, ສັງກະສີ, ແມກນີຊຽມ, ເຮັດໃຫ້ຈຸລັງເຕັງຕົງເຊັ່ນໃນເຊລລ໌ຄຸມຂອງໃບຕ້ອງການທາດໂພແທສຊຽມ

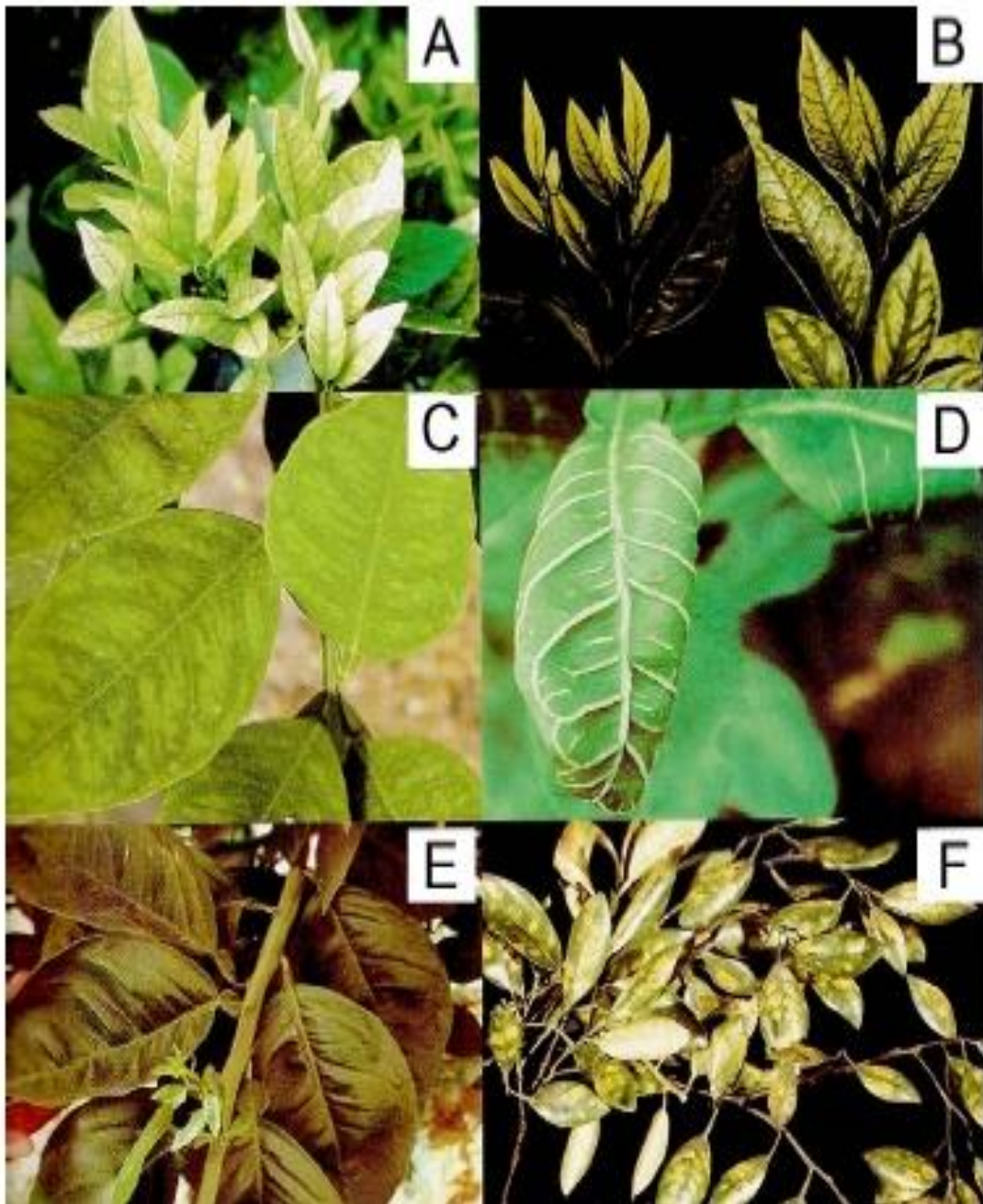


1. ຮູບ 2.8. ສະແດງການຂາດທາດອາຫານຂອງພືດ

- A. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດໄນໂຕຼເຈນມີສີເຫຼືອງທາງໃບ
- B. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດໄນໂຕຼເຈນສະແດງອາການທີ່ໃບແກ່ກ່ອນໃບອ່ອນ
- C. ໃບໝາກກ້ຽງດ້ານຂວາຂາດຟອສຟັຣັສເຮັດໃຫ້ເປືອກໜາ ແລະ ມີຊ່ອງວ່າງແກນກາງ
- D. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດໂພແທສຊຽມມີສີເຫຼືອງທີ່ປາຍໃບສະແດງອາການທີ່ໃບແກ່ກ່ອນ

ໃບໝາກກ້ຽງໃບທີ່ຂາດແຄລຊຽມສະແດງອາການສູນເສຍຄໍໂຣຟິລເສັ້ນໃບ, ຂອບໃບເຫຼືອງຊຶດ, ໃບລຽບ
ໜ້ອຍລົງ ແລະ ໜາຂຶ້ນ

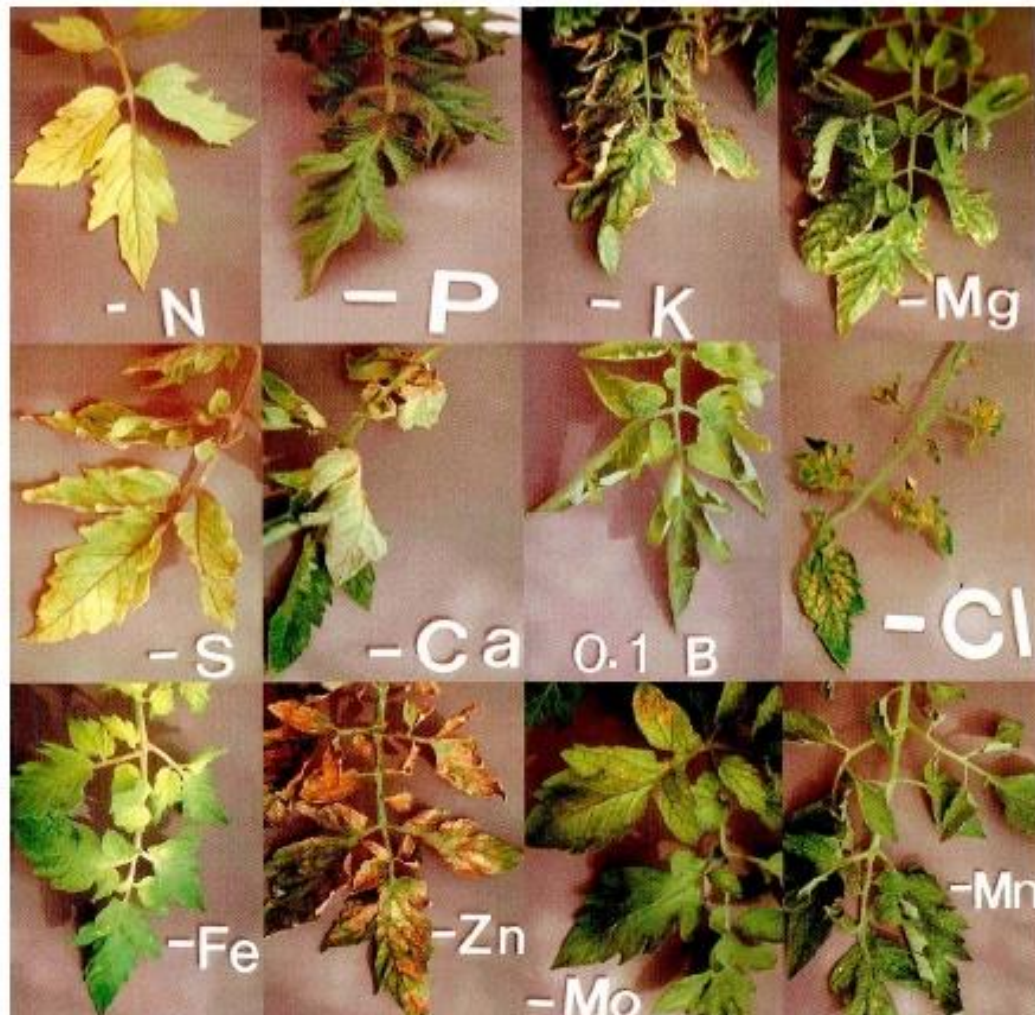
E. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດແມກນີຊຽມໃບເຫຼືອງຊຶດ ແລະ ມີສີຂຽວເຫຼືອຢູ່ເປັນຮູບໂຕ V



ຮູບ 2.9. ສະແດງການຂາດທາດອາຫານຂອງພືດ

- A. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດທາດເຫຼັກສະແດງອາການໃບສີຊຶດ
- B. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດທາດສັງກະສີມີສີຂຽວເປັນປີ້ນເສັ້ນກາງໃບ ແລະ ເສັ້ນໃບມີ
ສີເຫຼືອງອ່ອນ
- C. ໃບໝາກກ້ຽງດ້ານຂາດທາດແມັກການິດໃບອ່ອນສີຈາງເສັ້ນໃບມີສີຂຽວ

- D. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດໂທດໂບຣອນສະແດງອາການຕາຍປາຍຍອດປາຍໃຈຈະມ້ວນລົງ
- E. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດທາດທອງແດງສະແດງອາການໃບໃຫຍ່ຜິດປົກກະຕິ
- F. ໃບໝາກກ້ຽງທີ່ຂາດທາດໂມດິບດີນ້ຳສະແດງອາການໃບເຫຼືອງເປັນວົງໃຫຍ່ລະຫວ່າງເສັ້ນໃບ



ຮູບ 2.20. ສະແດງການຂາດທາດອາຫານຂອງໃບໝາກເຂື່ອເທດ

ຕາຕະລາງ 2.3. ສະແດງແຮ່ທາດ ແລະ ໜ້າທີ່ຂອງທາດອາຫານ

ລຳດັບ	ທາດ	ໜ້າທີ່ຂອງທາດອາຫານ
1	N	ເປັນອົງປະກອບຂອງຄຳໂຮຟິລ, ໂປຼຕິນ, ເອີນໄຊ ແລະ ວິຕາມິນຫຼາຍຊະນິດ, ຊ່ວຍໃຫ້ພືດຈະເລີນເຕີບໂຕທາງດ້ານໃບ, ລຳຕົ້ນ, ຫົວ ໆ
2	P	ເປັນອົງປະກອບຂອງອາຊິດນິວຄລີອິກ, ຟອສຟໍລິປິກ, ATP ແລະ ໂຄເອີນໄຊ ຫຼາຍຊະນິດ, ຊ່ວຍເລັ່ງການອອກດອກ ແລະ ການສ້າງເມັດ
3	K	ບໍ່ເປັນອົງປະກອບຂອງສານໃດໆໃນພືດ, ແຕ່ໄປເຮັດໜ້າທີ່ກະຕຸ້ນການເຮັດວຽກຂອງເອີນໄຊຫຼາຍຊະນິດທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການສ້າງແປ້ງ ແລະ ກ່ຽວຂ້ອງກັບຂະບວນການສ້າງໂປຼຕິນ

4	Ca	ເປັນອົງປະກອບຂອງຂອບຈຸລັງ, ຈຳເປັນສຳລັບຂະບວນການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ການເພີ່ມຂະໜາດຂອງຈຸລັງ ແລະ ຊ່ວຍກະຕຸ້ນການເຮັດວຽກຂອງເອັນໄຊ
5	Mg	ເປັນອົງປະກອບຂອງຄໍໂຣຟິລ, ກະຕຸ້ນການເຮັດວຽກຂອງເອັນໄຊທີ່ກ່ຽວຂ້ອງ ກັບຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ, ການຫາຍໃຈ ແລະ ການສັງເຄາະໂປຼຕິນ
6	S	ເປັນອົງປະກອບຂອງສານໂປຼຕິນບາງຊະນິດ, ວິຕາມິນບີໜຶ່ງ ແລະ ສານທີ່ລະ ເຫີຍໄດ້ບາງຊະນິດໃນພືດ, ຊ່ວຍເພີ່ມປະລິມານນໍ້າມັນໃນພືດ, ກ່ຽວຂ້ອງກັບ ຂະບວນການສັງເຄາະຄໍໂຣຟິລ

2.2. ກົນໄກການດູດແຮ່ທາດ

ກ່ອນທີ່ທາດອາຫານຈະເຂົ້າໄປໃນຕົ້ນພືດນັ້ນທິກກົນໄກໃນການເຂົ້າສູ່ພືດໄດ້ 3 ວິທີຄື:

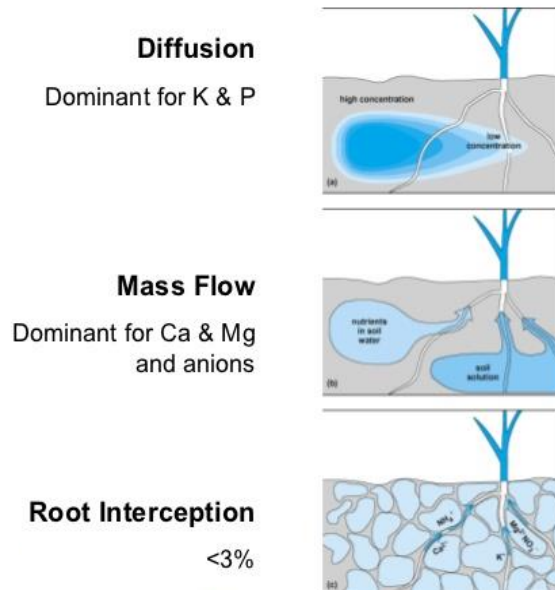
2.2.1. ຂະບວນການໄຫຼ (Mass flow) ເປັນວິທີທີ່ທາດອາຫານເຂົ້າສູ່ຮາກພືດໃນຮູບຂອງສານລະ ລາຍ ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນເມື່ອສານລະລາຍໃນດິນມີປະລິມານຫຼາຍຈຶ່ງໄຫຼເຂົ້າສູ່ຮາກພືດ, ຂະບວນການນີ້ສ່ວນໃຫຍ່ເກີດ ເມື່ອພືດມີການຄາຍນໍ້າ ແລະ ພືດສາມາດຊຶດເຊີຍນໍ້າທີ່ຫາຍໄປໂດຍວິທີນີ້, ກົນໄກວິທີນີ້ມັດເປັນການດູດໄນໂຕຼເຈນ, ແຄລຊຽມ ແລະ ກຳມະຖັນເຂົ້າສູ່ຮາກພືດ

2.2.2. ຂະບວນການແພ່ (Mass flow) ເປັນວິທີການທີ່ທາດອາຫານເຂົ້າສູ່ພືກເມື່ອຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຕ່າງ ກັນ, ນັ້ນຄືສານລະລາຍໃນດິນມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນໜ້ອຍກວ່າໃນພືດ, ກົນໄກແບບນີ້ສ່ວນໃຫຍ່ເປັນການດູດ ທາດຟອສຟໍຣັສ ແລະ ໄພແທສຊຽມ

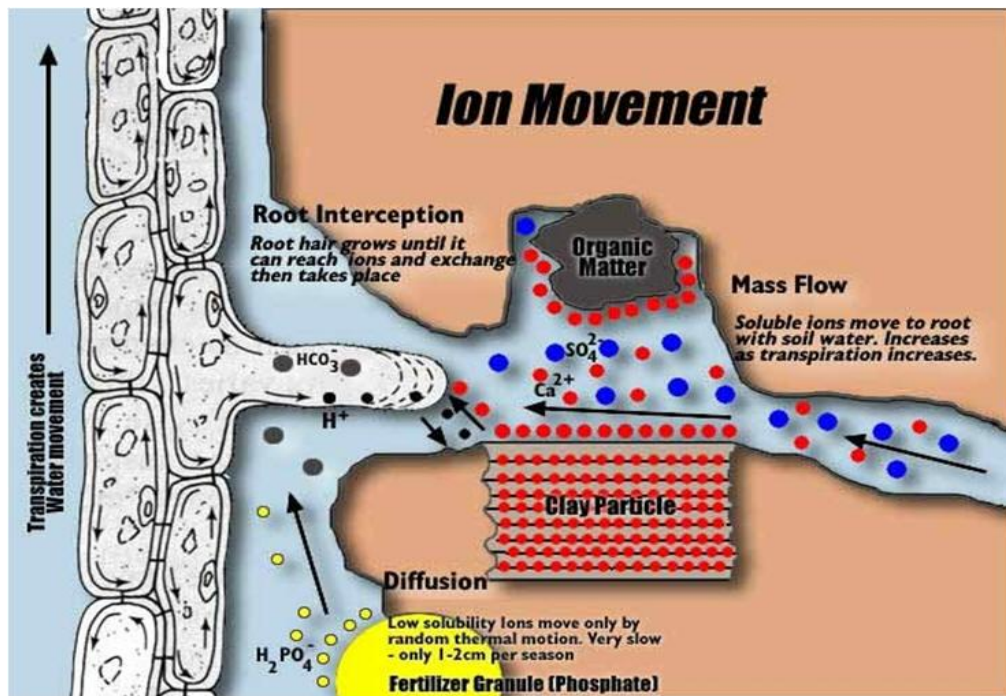
2.2.3. ຂະບວນການຢຶດຕົວຂອງຮາກ (Root interception) ຮາກພືດຈະຢຶດຕົວອອກໄປສຳຜັດສານ ລະລາຍໃນດິນ ແລະ ດູດທາດອາຫານເຂົ້າໄປໃນພືດແລ້ວກັບມາສູ່ຂອບຈຸລັງດ້ານນອກໃໝ່ເພື່ອຈັບໄອອອນຕົວຕໍ່ ໄປສູ່ຂອບຈຸລັງດ້ານໃນຂອງພືດໂດຍວິທີການດຽວກັນ, ການຈັບລະຫວ່າງໄອອອນ ແລະ ຕົວພານີ້ເປັນການຈັບກັນ ເປັນສານປະກອບໂດຍເລືອກຈັບໄອອອນສະເພາະເທົ່ານັ້ນ, ທງນີ້ເພາະຕົວພາຈະເລືອກຕົວຈັບສະເພາະບັນຈຸທີ່ ປະກອບເປັນສານປະກອບໄດ້ ເຊິ່ງຂຶ້ນຢູ່ກັບປັດໃຈຫຼາຍຢ່າງເຊັ່ນ: ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ, ຈັບໄອອອນທີ່ຢູ່ໃນສານລະລາຍ ທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນໜ້ອຍເຄື່ອນຍ້າຍໄປສູ່ສານລະລາຍພາຍໃນຈຸລັງພືດທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຫຼາຍ.

ສານອາຫານເຄື່ອນຍ້າຍສູ່ຮາກ

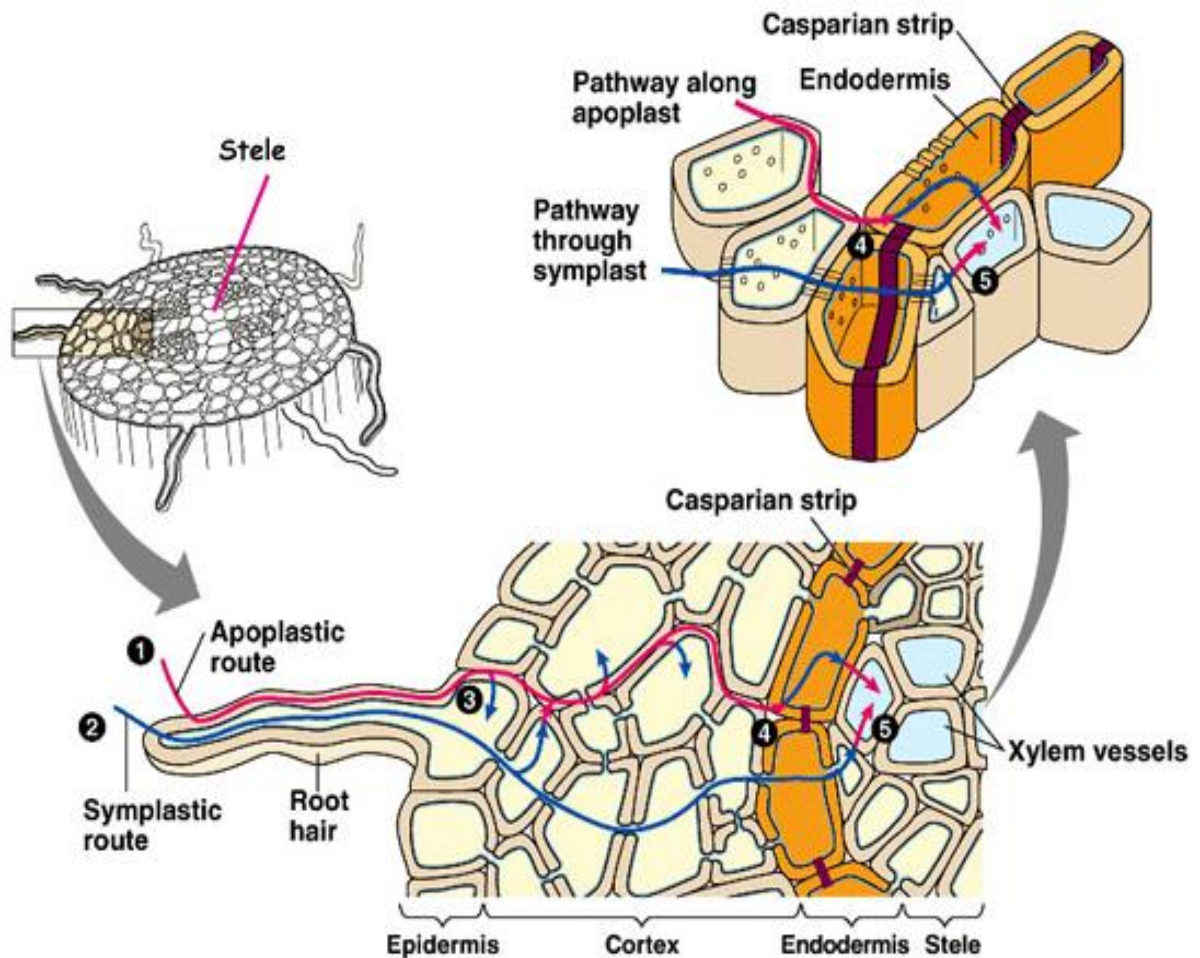
Nutrient Movement to Root



ຮູບ 2.11 ສະແດງກົນໄກວິທີການດູດແຮ່ທາດຂອງຮາກພືດແບບຕ່າງໆ



ຮູບ 2.12 ສະແດງຂະບວນການຢຶດຕົວຂອງຮາກ (Root interception)



ຮູບ 2.13. ສະແດງການເຄື່ອນທີ່ຂອງແຮ່ທາດເຂົ້າສູ່ຈຸລັງພືດ

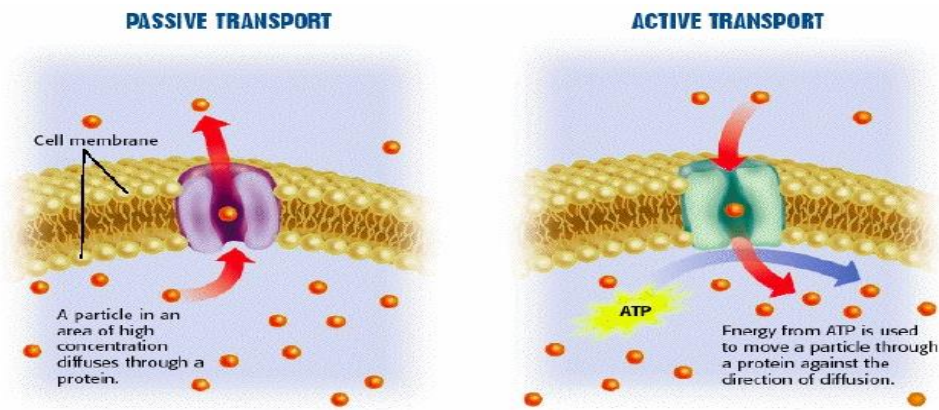
2.3. ການລຳລຽງແຮ່ທາດ

ເນື່ອງຈາກນ້ຳເປັນຕົວທຳລະລາຍທີ່ດີ, ດັ່ງນັ້ນນ້ຳທີ່ພືດດູດເຂົ້າໄປໃຊ້ຈຶ່ງບໍ່ແມ່ນນ້ຳບໍລິສຸດ ເນື່ອງຈາກນ້ຳທີ່ຢູ່ໃນດິນຍ່ອມຕ້ອງລະລາຍທາດຕ່າງໆປະປົນເຂົ້າໄປນຳ, ການທີ່ແຮ່ທາດຕ່າງໆຈະຜ່ານເຈົ້າໄປໃນຈຸລັງໄດ້ຈະຕ້ອງຜ່ານຈາກຂອງຈຸລັງເຂົ້າສູ່ເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງ. ເຊິ່ງມີຄຸນສົມບັດເປັນເຈ້ຍເລືອກຜ່ານ (Selective permeable membrane). ການລຳລຽງແຮ່ທາດຕ່າງໆທີ່ລະລາຍເປັນໄອອອນແລ້ວເຂົ້າສູ່ເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງນັ້ນບໍ່ສາມາດຜ່ານໄດ້ໂດຍອິດສະຫຼະ, ສະນັ້ນການລຳລຽງແຮ່ທາດຈຶ່ງມີຄວາມສັບຊ້ອນຫຼາຍກວ່າການລຳລຽງນ້ຳທີ່ເກີດຂຶ້ນດ້ວຍວິທີອອສໂມຊິສ. ການລຳລຽງແຮ່ທາດຂອງພືດເກີດຂຶ້ນໄດ້ໂດຍຫຼາຍວິທີຄື:

2.3.1. ແພສສິບທູນສະປອດ (Passive transport) ເປັນການລຳລຽງສານ ຫຼື ແຮ່ທາດຈາກບໍລິເວນທີ່ມີແຮ່ທາດເຂັ້ມຂຶ້ນຫຼາຍກວ່າໄປສູ່ບໍລິເວນທີ່ມີແຮ່ທາດເຂັ້ມຂຶ້ນໜ້ອຍກວ່າ ໂດຍອາໄສຫຼັກການແພ (Diffusion) ນັ້ນຄືໄອອອນ ຫຼື ສານລະລາຍຈະເຄື່ອນທີ່ຈາກບໍລິເວນທີ່ມີຄວາມສັກຍໄຄມີສູງກວ່າໄປສູ່ບໍລິເວນທີ່ມີຄວາມຕ່ຳສັກຍໄຄມີສູງກວ່າຈົນກວ່າຄວາມຕ່ຳສັກຍໄຄມີທັງສອງບໍລິເວນເທົ່າກັນ

2.3.2. ແອັກທິບທູນສະປອດ (Active transport) ເປັນການລຳລຽງສານ ຫຼື ແຮ່ທາດຈາກບໍລິເວນທີ່ມີແຮ່ທາດເຂັ້ມຂຶ້ນໜ້ອຍກວ່າ ຫຼື ເຈືອຈາກກວ່າໄປສູ່ບໍລິເວນທີ່ມີສານ ຫຼື ແຮ່ທາດນັ້ນເຂັ້ມຂຶ້ນຫຼາຍກວ່າ ເຊິ່ງເປັນການລຳລຽງທີ່ຕ້ານກັບຄວາມເຂັ້ມຂຶ້ນຂອງສານ, ດັ່ງນັ້ນວິທີນີ້ຈຶ່ງຕ້ອງອາໄສພະລັງງານຈາກ ATP ຊ່ວຍເຊິ່ງເປັນວິທີທີ່ຮາກ ແລະ ລຳຕົ້ນຈະມີໂອກາດສະສົມແຮ່ທາດຕ່າງໆໄວ້ໄດ້ເຮັດໃຫ້ພືດດູດແຮ່ທາດຈາກພາຍນອກເຂົ້າມາ ທັງໆທີ່ຄວາມເຂັ້ມຂຶ້ນຂອງແຮ່ທາດຊະນິດນັ້ນພາຍໃນຈຸລັງມີຫຼາຍກວ່າພາຍນອກຈຸລັງແລ້ວກໍຕາມເຮັດໃຫ້ພືດສາມາດລຳລຽງແຮ່ທາດທີ່ຕ້ອງການໄດ້, ເມື່ອແຮ່ທາດເຂົ້າຜ່ານເຂົ້າສູ່ຮາກພືດແລ້ວຈະຖືກລຳລຽງໄປສູ່ສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດທາງໄຊແລ້ມພ້ອມື່ງກັບການລຳລຽງນ້ຳ. ນອກຈາກນີ້ການປັບປຸງດິນທີ່ປູກພືດໃຫ້ໂປ່ງ ຍັງຊ່ວຍໃຫ້ຮາກໄດ້ຮັບກຳສອກຊີເຈນທີ່ຢູ່ໃນດິນມາໃຊ້ໄດ້ຢ່າງພໍພຽງເຮັດໃຫ້ຮາກຈະເລີນເຕີບໂຕໂດຍຂະຫຍາຍຂະໜາດ ແລະ ຄວາມຍາວຫຼາຍຂຶ້ນ ແລະ ແຜ່ຂະຫຍາຍອອກໄປໃນດິນ

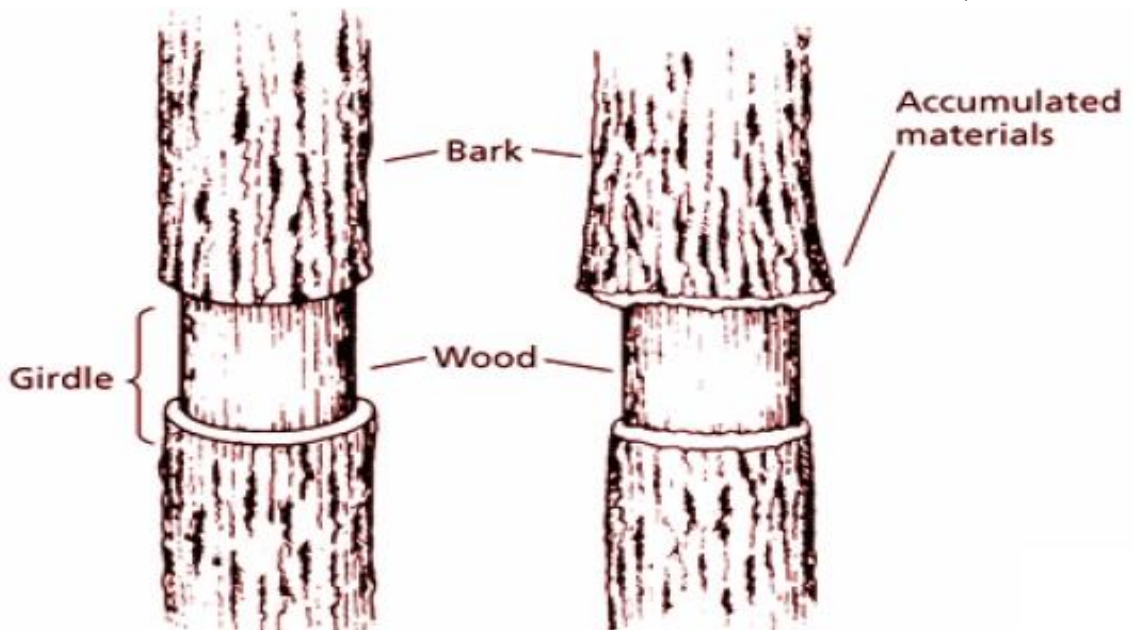
ການໄດ້ຮັບກຳສອກຊີເຈນຂອງຮາກມີຄວາມສຳພັນກັບການດູດແຮ່ທາດຂອງຮາກຄື: ອອກຊີເຈນໃນດິນທີ່ຮາກໄດ້ຮັບຈາກດິນຖືກນຳໄປໃຊ້ໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມຂອງຈຸລັງຮາກ, ໃນກໍລະນີທີ່ອອກຊີເຈນໃນດິນໜ້ອຍອັດຕາເມຕາໂບລິສຊິມຂອງຈຸລັງຮາກກໍຈະໜ້ອຍລົງນຳ, ຖ້າພະລັງງານຈາກ ATP ທີ່ມີຄວາມຈຳເປັນຕໍ່ຂະບວນການ Active transport ເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍ, ການລຳລຽງສານໂດຍວິທີການນີ້ຈະບໍ່ສາມາດດຳເນີນຕໍ່ໄປໄດ້ ປະລິມານການດູດແຮ່ທາດເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຮາກຈະຫຼຸດລົງ, ແຮ່ທາດຕ່າງໆທີ່ພືດດູດເຂົ້າໄປໃນສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດລ້ານມີຜົນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດມັງຊຶ້ນ ຈຶ່ງຖືໄດ້ວ່າແຮ່ທາດຕ່າງໆເປັນປັດໃຈທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືກຢ່າງຍິ່ງ, ດັ່ງນັ້ນຖ້າພືດຂາດແຮ່ທາດຊະນິດໃດຊະນິດໜຶ່ງ ຫຼື ໄດ້ຮັບບໍ່ພຽງພໍອາດເຮັດໃຫ້ການຈະເລີນເຕີບໂຕຢຸດຊະງັກ ຫຼື ພືດນັ້ນອາດຕາຍໄດ້. ມີການຄົ້ນພົບວ່າພືດບາງຊະນິດປູກໄດ້ດີໃນທີ່ບາງແຫ່ງ ແຕ່ບໍ່ຈະເລີນເມື່ອນຳໄປປູກໃນແຫຼ່ງອື່ນ ເນື່ອງຈາກປະລິມານແຮ່ທາດໃນດິນຕ່າງບໍລິເວນມີປະລິມານແຕກຕ່າງກັນ.



ຮູບ 1.14. ສະແດງວິທີການລາລຽງແຮ່ທາດຂອງພືດ

III. ການລ່າລຽງອາຫານຂອງພືດ

ການສັງເກດແສງເກີດຂຶ້ນທີ່ບໍລິເວນທີ່ມີຄໍໂຣຟິນ ສ່ວນໃຫຍ່ຈຶ່ງເກີດຂຶ້ນທີ່ໃບເມື່ອສັງເກດດ້ວຍແສງແລ້ວ ຈະໄດ້ຄາໂບໄຮເດຼດພວກນ້ຳຕານ ແລະ ແບັງເຊິ່ງສາມາດທົດສອບສານອາຫານດັ່ງນັ້ນໄດ້, ອາຫານເຫຼົ່ານີ້ພືດ ສາມາດສົ່ງໄປເກັບຕາມສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດໄດ້, ພືດບາງຊະນິດເກັບອາຫານໄວ້ຕາມລຳດັບເຊັ່ນ: ເຜືອກ, ແຫ້ວຈີນ ເປັນຕົ້ນ, ພືດສາມາດລ່າລຽງສານອາຫານຈາກດ້ານເທິງລົງສູ່ດ້ານລຸ່ມ ແລະ ດ້ານລຸ່ມຂຶ້ນດ້ານເທິງໄດ້. ນັກວິທະຍາສາດທີ່ໄດ້ທົດລອງເລື່ອງການລ່າລຽງອາຫານຂອງພືດ ມັລພິຈີ ໃນປີ ພ.ສ 2229 (ຄ.ສ 1686) ໂດຍ ການກັ່ນພືດໃບລ້ຽງຄູ່ອອກຕັ້ງແຕ່ເບືອກໄມ້ອອກຈົນເຖິງຊັ້ນແຄມບຽມປະໄວ້ຈະເກີດຜົນດັ່ງຮູບພາບລຸ່ມນີ້:



ຮູບທີ 3.15 ແດງການກັ່ນກິ່ງພືດເປັນການລອກສ່ວນເບືອກ ແລະ ແພຂະຫຍາຍອອກເມື່ອເວລາຜ່ານໄປຫຼາຍ ວັນສານອາຫານທີ່ເຄື່ອນມາສະສົມທີ່ເທິງຮອຍກັ່ນເຮັດໃຫ້ສ່ວນຂອງເບືອກບໍລິເວນນັ້ນພອງຂະຫຍາຍ (ຂວາ) ເມື່ອທຽບກັບພາບເດີມຫຼັງການກັ່ນທັນທີ (ຊ້າຍ)

ສໍາລັບການກັ່ນຕົ້ນໄມ້ຄືກັນກັບຮູບ 3.15 ແຕ່ໄປກັ່ນບໍລິເວນກົກແລ້ວປະໄວ້ດົນໆຈະເຮັດໃຫ້ຕົ້ນໄມ້ຕາຍໄດ້ ເພາະບໍ່ສາມາດສົ່ງອາຫານໄປລ້ຽງຮາກ, ຮາກຈະຂາດອາຫານເຮັດໃຫ້ຮາກຕາຍບໍ່ສາມາດລ່າລຽງນ້ຳ ແລະ ເກືອແຮ່ຂຶ້ນ ສູ່ໃບ. ມີຜູ້ສຶກສາການລ່າລຽງນ້ຳຕານໃນພືດໂດຍໃຊ້ທາກກຳມັນຕະພາບລັງສີໄດ້ແກ່ 14 C ທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງ ຄາບອນໄດອອກໄຊກໍ່ຈະລະເຫີຍເປັນກຳສ ເຊິ່ງພືດຈະດູດນ້ຳໄປໃຊ້ໃນຂະບວນການສັງເກດດ້ວຍແສງ

1. ການລຳລຽງສານອາຫານໃນໂຟແອ້ມ

ຊົມເມີແມນ ເຊິ່ງເປັນນັກຊີວະວິທະຍາແຫ່ງມະຫາວິທະຍາໄລຮາວເວີດ ໄດ້ທົດລອງພົບວ່າເພຍອ່ອນຈະໃຊ້ງວງແທງລົງໄປເຖິງທໍ່ໂຟແອ້ມແລ້ວດູດຂອງແຫຼວອອກມາ ຈົນກະທັ້ງຂອງແຫຼວ ຫຼື ນ້ຳຫວານອອກມາທາງກັ້ນ, ຊົມເມີແມນຈຶ່ງຕັດຫົວເພຍອ່ອນອອກໂດຍໃຫ້ງວງທີ່ແທງຢູ່ໃນເນື້ອເຍື່ອໄມ້ຍັງຄົງຕິດກັບໂຟແອ້ມຢູ່ພົບວ່າຂອງແຫຼວຈາກໂຟແອ້ມຍັງຄົງໄຫຼອອກມາທາງງວງທີ່ແທງຢູ່ໃນໂຟແອ້ມ ແລະ ເມື່ອວິເຄາະຂອງແຫຼວນັ້ນພົບວ່າສ່ວນໃຫນ່ເປັນນ້ຳຕານຊູໂຄສ ແລະ ມີສານອື່ນອີກເຊັ່ນ: ກົດອາມິໂນ, ຮໍໂມນ ແລະ ທາດອາຫານ

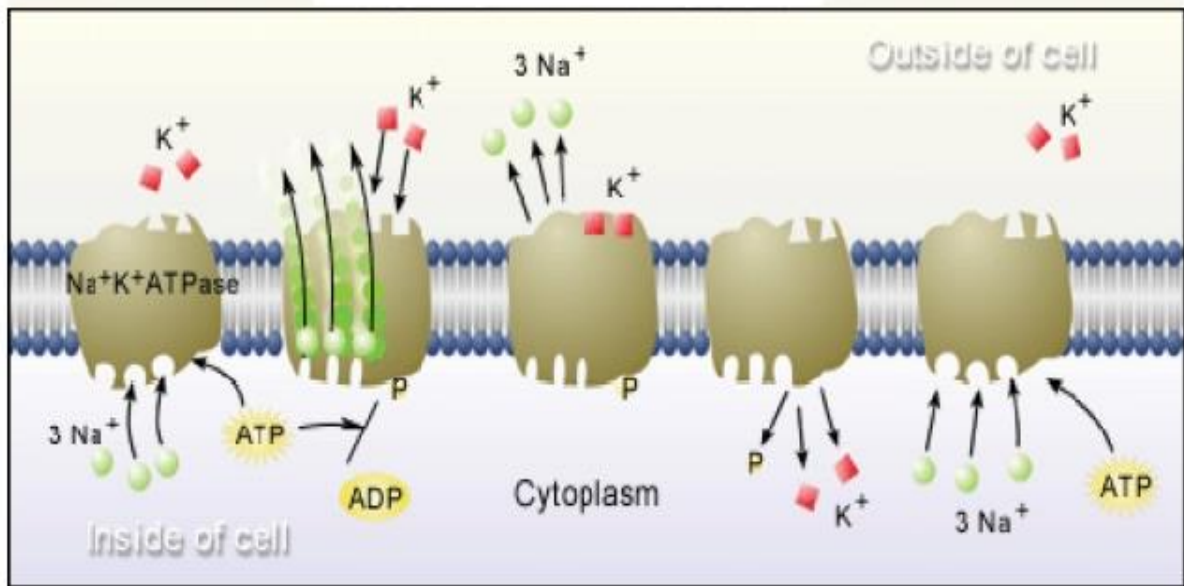


ຮູບທີ 3.16. ສະແດງການສຶກສາການລຳລຽງສານໃນໂຟແອ້ມໃຊ້ປະໂຫຍດຈາກເພຍອ່ອນດູດກິນຂອງແຫຼວໃນໂຟແອ້ມ ແລະ (A) ປ່ອຍນ້ຳຫວານອອກມາເປັນຢອດປະມານທຸກໆ 30 ນາທີ (B) ເພຍຈະໃຊ້ປາກເຈາະເຂົ້າໄປສູ່ຈຸລັງລຳລຽງອາຫານໄດ້ ແລະ (C) ເມື່ອໃຊ້ແສງເລເຊີຕັດຕົວເພຍອ່ອນໄປອອກໄປແລ້ວຈະສາມາດເກັບຂອງແຫຼວທີ່ມາຈາກໂຟແອ້ມໄດ້ດີໂດຍກົງເປັນໄລຍະເວລາໜຶ່ງ

ໃນກໍລະນີທີ່ໃຊ້ຊູໂຄສທີ່ມີ 14C ເປັນອົງປະກອບແລ້ວໃຫ້ເພຍອ່ອນແທງງວງເຂົ້າທໍ່ໂຟແອ້ມໃນຕຳ ແໜ່ງຕ່າງໆກັນ ເຮັດໃຫ້ສາມາດຫາອັດຕາການເຄື່ອງທີ່ຂອງນ້ຳຕານໃນໂຟແອ້ມໄດ້ພົບວ່າການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳ ຕານໃນໂຟແອ້ມມີຄວາມໄວປະມານ 100 ຊັງຕີແມັດຕໍ່ຊົ່ວໂມງ ເພາະເຫດທີ່ນ້ຳຕານໃນໂຟແອ້ມເຄື່ອນທີ່ດ້ວຍຄວາມໄວຈຶ່ງມີຜູ້ສົງໃສວ່າ ກາເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳຕານໃນໂຟແອ້ມນັ້ນຄົງບໍ່ແມ່ນການແພ່ແບບທຳມະດາ ແລະ ບໍ່ແມ່ນການໄຫຼວຽງຂອງໄຊໂທພລາສຊິມ, ສຳລັບກົນໄກຂອງການລຳລຽງອາຫານທາງໂຟແອ້ມນັ້ນອາອະທິ ບາຍໄດ້ຕາມສົມມຸດຖານການໄຫຼຂອງໄວນສານ (Mass flow hypothesis)

ສົມມຸດຖານການໄຫຼຂອງມວນສານ (Mass flow hypothesis) ເປັນສົມມຸດຖານທີ່ສະເໜີໃນປີ ພ.ສ 2473 ໂດຍ ມິນຊ໌ (Munch) ນັກສາລິລະວິທະຍາຊາຍເຢຍລະມັນທີ່ອະທິບາຍການລ່າງອາຫານໃນໂພແອັມ ວ່າເກີດຈາກຄວາມແຕກຕ່າງຂອງແຮງດັນ ໂດຍຈຸລັງຂອງໃບເຊິ່ງເຮັດການສັງເຄາະແສງໄດ້ນໍ້າ ຕານເຮັດໃຫ້ມີຄວາມ ເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງນໍ້າຕານສູງ, ນໍ້າຕານຈຶ່ງຖືກລ່າງໄປຈຸລັງຂ້າງຄຽງ ເຮັດໃຫ້ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງນໍ້າຕານສູງໄປນຳຢ່າງ ໄວວາ ແລະ ຈະມີການລ່າງນໍ້າຕານໄປສູ່ຈຸລັງຕ່າງໄປຈົນເຖິງໂພແອັມ ແລ້ວເກີດແຮງດັນໃຫ້ໂມເລກຸນນໍ້າຕານ ເຄື່ອນໄປຕາມໂພແອັມໄປສູ່ເນື້ອເຍື່ອທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງນໍ້າຕານໜ້ອຍກວ່າເຊັ່ນ: ຂຸລັງທີ່ຮາກ, ລຳຕົ້ນ ຫຼື ປາຍ ຍອດ, ນໍ້າຕານຍັງເຄື່ອນທີ່ຕໍ່ໄປໄດ້ຫາກຍັງມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງນໍ້າຕານທີ່ແຕກຕ່າງກັນຢູ່.

ສົມມຸດຖານການໄຫຼຂອງມວນ (Mass flow hypothesis ຫຼື Bulk flow hypothesis) ຫຼື ການໄຫຼເນື້ອ ຈາກແຮງດັນເປັນສົມມຸດຖານທີ່ໃຊ້ອະທິບາຍການລ່າງສານອາຫານຜ່ານໂພແອັມ ໂດຍມີການທົດລອງທີ່ສະໜັບ ສະໜູນສົມມຸດຖານນີ້ໄດ້, ການໄຫຼຂອງສານອາຫານໃນໂພແອັມຈາກແຫຼ່ງຜະລິດ ຫຼື ແຫຼ່ງສ້າງ (Source) ໝາຍ ເຖິງໃບ ຫຼື ສ່ວນຂອງພືດທີ່ສ້າງອາຫານໄດ້ໄປສູ່ແຫຼ່ງຮັບ ຫຼື ແຫຼ່ງໃຊ້ (Sink) ໝາຍເຖິງສ່ວນຂອງພືດມີໃຊ້ ແລະ ສະສົມອາຫານໄດ້ແກ່ຮາກ, ຍອດ, ລຳຕົ້ນ, ໝາກ, ທີ່ຊຶ້ນເມໂຊຟິລຂອງໃບພືດເກີດຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງ ໄດ້ນໍ້າຕານຄລໂອສ ຈາກນັ້ນນໍ້າຕານຄລໂອສຈະແພ່ໄປສູ່ຈຸລັງຮອບເສັ້ນໃບ ຫຼື ບັນເດີລຊິດເຊລ (Bundlesheath cell) ທີ່ອ້ອມຮອບທໍ່ລ່າງ, ຈາກນັ້ນຄລໂອສຈະປ່ຽນເປັນນໍ້າຕານຊູໂຄສກ່ອນເຂົ້າທໍ່ລ່າງອາຫານ ຫຼື ໂພແອັມ ໂດຍເຂົ້າສູ່ຊີບທົວຂອງໂພແອັມ, ການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງຊູໂຄສເຂົ້າສູ່ຊີບທົວແມ່ນຕ້ອງອາໃສການແອັກທິບທູນ ສະປອດທີ່ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານຈາກ ATP ໂດຍຈຸລັງຄອມພານຽນ ແລະ ຈຸລັງພາເຣັນຄີມາທີ່ຢູ່ໃກ້ກັບຊີບທົວຈະໃຫ້ ພະລັງງານຈາກ ATP ເພື່ອໃຊ້ໃນການເຄື່ອນຍ້າຍນີ້, ເມື່ອຊີບທົວສະສົມຊູໂຄສຫຼາຍໆກໍ່ຈະມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ ສານລະລາຍນັ້ນສູງຂຶ້ນເຮັດໃຫ້ Water potential ໃນຊີບທົວຫຼຸດລົງນໍ້າຈຶ່ງອອສໂມຊີສອອກຈາກຈຸລັງຂ້າງຄຽງເຂົ້າ ໄປໃນຊີບທົວ ເຮັດໃຫ້ຊີບທົວມີແຮງດັນເຕັງຕຶງ (Turgor pressure) ສູງຂຶ້ນແຮງດັນນີ້ຈຶ່ງໄປດັນໃຫ້ສານໃນຊີບ ທົວໄຫຼໄປຕາມທໍ່ ເຊິ່ງຕໍ່ເນື່ອງຈາກໃບໄປສູ່ລຳຕົ້ນ ແລະ ຮາກເຊິ່ງເປັນແຫຼ່ງຮັບ, ເມື່ອຊູໂຄສເຄື່ອນທີ່ເຖິງແຫຼ່ງຮັບ ມັນຈະຖືກເຄື່ອນຍ້າຍອອກຈາກຊີບທົວໂດຍຂະບວນການ Active Transport System ເຮັດໃຫ້ຄວາມເຂັ້ມຂຸນ ຂອງຊູໂຄສໃນຊີບທົວຫຼຸດລົງນໍ້າໃນຊີບທົວຈຶ່ງອອສໂມຊີສສູ່ຈຸລັງຂ້າງຄຽງ ເຮັດໃຫ້ ແຮງດັນໃນຊີບທົວຫຼຸດລົງ ແລະ ນໍ້າຈະເຂົ້າສູ່ໄຊແລ້ມອີກ ເຊິ່ງຖືກລ່າງໄປສູ່ແຫຼ່ງຜະລິດອີກນັ້ນຄືການລ່າງອາຫານໃນໂພແອັມ ເຊິ່ງສາມາດ ສະຫຼຸບໄດ້ວ່າ **ການລ່າງອາຫານໃນໂພແອັມເກີດຈາກຄວາມແຕກຕ່າງຂອງແຮງດັນນໍ້າ ຫຼື ແຮງ ດັນເຕັງຕຶງ ຫຼື ແຮງດັນອອສໂມຊີສລະຫວ່າງຕົ້ນທາງ ຫຼື ແຫຼ່ງຜະລິດກັບປາຍທາງ ຫຼື ແຫຼ່ງຮັບ.** ພືດມີທໍ່ສຳລັບລ່າງນໍ້າ ແລະ ແຮ່ທາດກັບອາຫານທີ່ພືດສ້າງຂຶ້ນແຍກກັນໂດຍນໍ້າ ແລະ ແຮ່ທາດສິ່ງໄປຕາມທໍ່ໄຊ ແລ້ມສ່ວນອາຫານສິ່ງໄປຕາມທໍ່ໂພແອັມ, ສ່ວນທາງດ້ານຂ້າງນັ້ນທັງສອງມີເຣ (Ray) ສິ່ງອອກໄປລ້ຽງຈຸລັງທີ່ຢູ່ ຂ້າງໆໄດ້ ເຮັດໃຫ້ພືດມີການຈະເລີນເຕີບໂຕອອກໄປໄດ້ທັງທາງດ້ານເທິງ, ດ້ານລຸ່ມ ແລະ ດ້ານຂ້າງ.



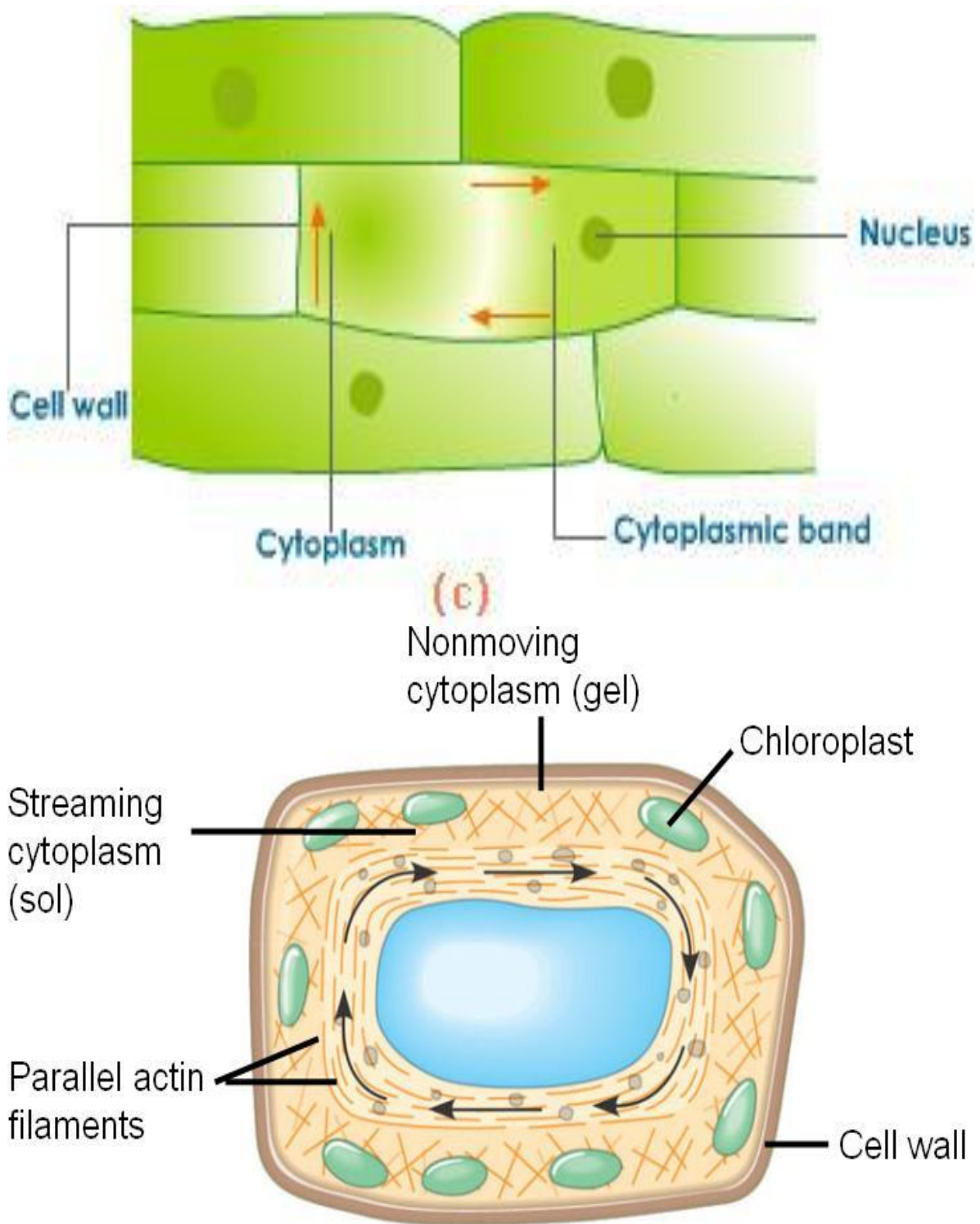
ຮູບ 3.17 ສະແດງຂະບວນການແອັກທິບທຣານສະປອດ (Active transport system)

2. ກົນໄກການລຳລຽງອາຫານໃນພືດ

ການລຳລຽງອາຫານໃນພືດເກີດໂດຍຂະບວນການຕ່າງໆຄື:

2.1. ການແພ່ (Diffusion) ເປັນການລຳລຽງອາຫານຈາກຈຸລັງໜຶ່ງໄປສູ່ອີກຈຸລັງໜຶ່ງໂດຍເຄື່ອນທີ່ໄປຕາມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງສານຈາກບໍລິເວນທີ່ມີອາຫານເຂັ້ມຂຸ້ນຫຼາຍກວ່າໄປສູ່ບໍລິເວນທີ່ມີອາຫານເຂັ້ມຂຸ້ນໜ້ອຍກວ່າເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນຢ່າງຊ້າໆ

2.2. ການໄຫຼວຽນຂອງໂພໂທພລາສຊິມ (Protoplasm streaming) ສຶກສາໂດຍນັກວິທະຍາ ສາດຊາວຮັລັນດາຊີ້ ຮູໂກ ເດຟຣີສ (Hugo De Vries) ເມື່ອປີ ພ.ສ 2428 (ຄ.ສ 1885) ໂດຍພົບວ່າການເຄື່ອນທີ່ຂອງສານລະລາຍພາຍໃນຊີບທິວຂອງໄພແອັມ ເກີດຈາກການໄຫຼວຽນຂອງໂພໂທພລາສຊິມ ຫຼື ທີ່ເອີ້ນວ່າໄຊໂຄລຊິສ (Cyclosis) ການເຄື່ອນທີ່ນີ້ອາດຊ້າຫຼາຍຄັ້ງພໍເທົ່າໃດມົນລີແມັດຕໍ່ຊົ່ວໂມງ ຫຼື ອາດໄວໄດ້ເຖິງຫຼາຍຮ້ອຍມົນລີລິດຕໍ່ຊົ່ວໂມງ, ອາຫານພາຍໃນໂພໂທພລາສຊິມຂອງຊີບທິວເຄື່ອນຕົວອອກຈາກຈຸລັງໜຶ່ງໄປສູ່ອີກຈຸລັງໜຶ່ງໂດຍຜ່ານພລາສໂມເດສມາຕາ (Plasmodesmata) ເຊິ່ງເຊື່ອມໂຍງກັນກັບຊີບເພລດ (Sieve plate) ເຊິ່ງເປັນບໍລິເວນທີ່ຕິດຕໍ່ກັນລະຫວ່າງຊີບທິວແຕ່ລະຈຸລັງເຄື່ອນທີ່ໂດຍການໄຫຼວຽນຂອງອາຫານໃນໂພໂທພລາສຊິມຂອງຊີບທິວເກີດຂຶ້ນໃນຊຸລັງທີ່ມີຊີວິດເທົ່ານັ້ນ ແລະ ການລຳລຽງເຊື່ອມຕໍ່ກັນໄດ້ ເນື່ອງຈາກຈຸລັງຂອງຊີບທິວເຊື່ອມຕໍ່ກັນຕະຫຼອດຄວາມຍາວຂອງລຳຕົ້ນສານອາຫານເຫຼົ່ານີ້ຈຶ່ງເຄື່ອນທີ່ຕິດຕໍ່ກັນໄດ້ຕະຫຼອດ ແລະ ຍັງພົບອີກວ່າຖ້າຫາກຫຼຸດການເຄື່ອນທີ່ຂອງໂພໂທພລາສຊິມຂອງຊີບທິວລົງອັດຕາການລຳລຽງອາຫານຈະຫຼຸດລົງ.



ຮູບ 3.18 Protoplasm streaming

2.3. ການໄຫຼຂອງອາຫານເນື່ອງຈາກແຮງດັນ (Pressure flow) ການໄຫຼຂອງອາຫານໂດຍວິທີນີ້ສຶກສາ ແລະ ສະເໜີທິດສະດີໂດຍນັກວິທະຍາສາດຊາວເຢຍລະມັນຊື່ ອີມິນຊ໌ (Pressure flow) ເມື່ອປີ ພ.ສ 2473 ຄື ທິດສະດີແຮງດັນຕັ້ງຕົງ (Pressure flow theory) ເຊິ່ງມີກົນໄກສໍາຄັນຄື:

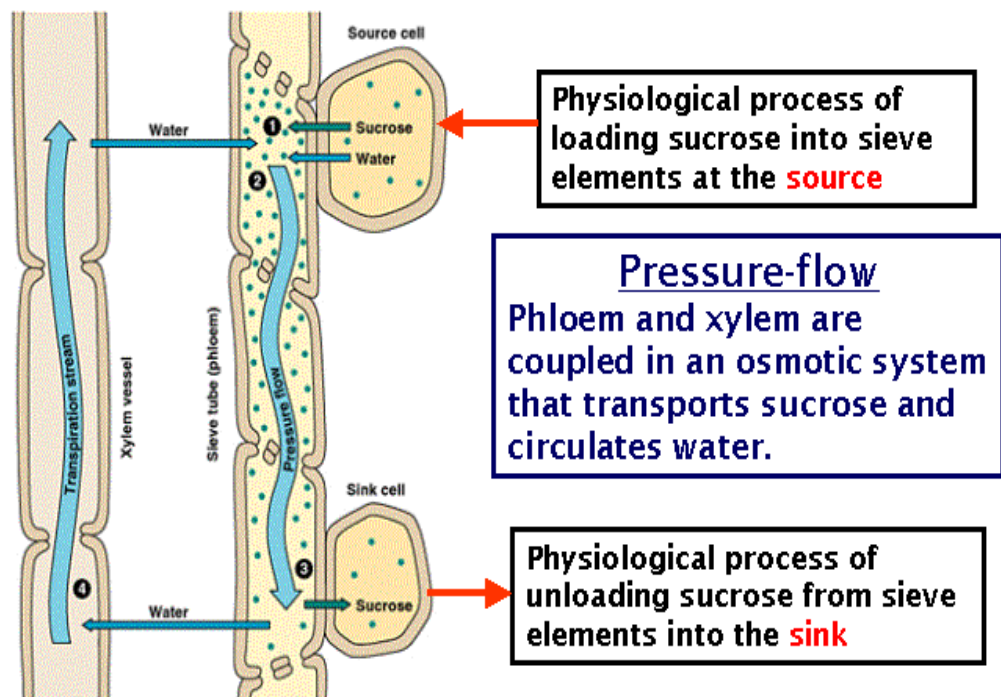
2.3.1. ຈຸລັງໃນຊັ້ນເມໂຊຟິລ (Mesophyll) ຂອງໃບສັງເຄາະແສງໄດ້ນໍ້າຕາມຄລູໂຄສຫຼາຍຂຶ້ນແລ້ວກໍ່ ເຄື່ອນທີ່ຈາກເມໂຊຟິລເຂົ້າສູ່ຈຸລັງຫໍ່ຫຸ້ມກຸ່ມທໍ່ລໍາລຽງ (Bundle sheath cell)

2.3.2. ການສະສົມນໍ້າຕານຄລໂກສໃນຈຸລັງທີ່ຫຸ້ມກຸ່ມທໍ່ລໍາລຽງປ່ຽນເປັນນໍ້າຕານຊໂກສ ເຮັດໃຫ້ມີການສະສົມນໍ້າຕານຊໂກສຫຼາຍຂຶ້ນເກີດການຂົນສົ່ງຊໂກສແບບ Active Transport ຈາກຈຸລັງທີ່ຫຸ້ມກຸ່ມທໍ່ລໍາລຽງເຂົ້າສູ່ໂພໂທພລາສຊິມຂອງຊີບທົວເຊິ່ງຕ້ອງມີການໃຊ້ພະລັງງານຈາກ ATP ຈານວນຫຼາຍ

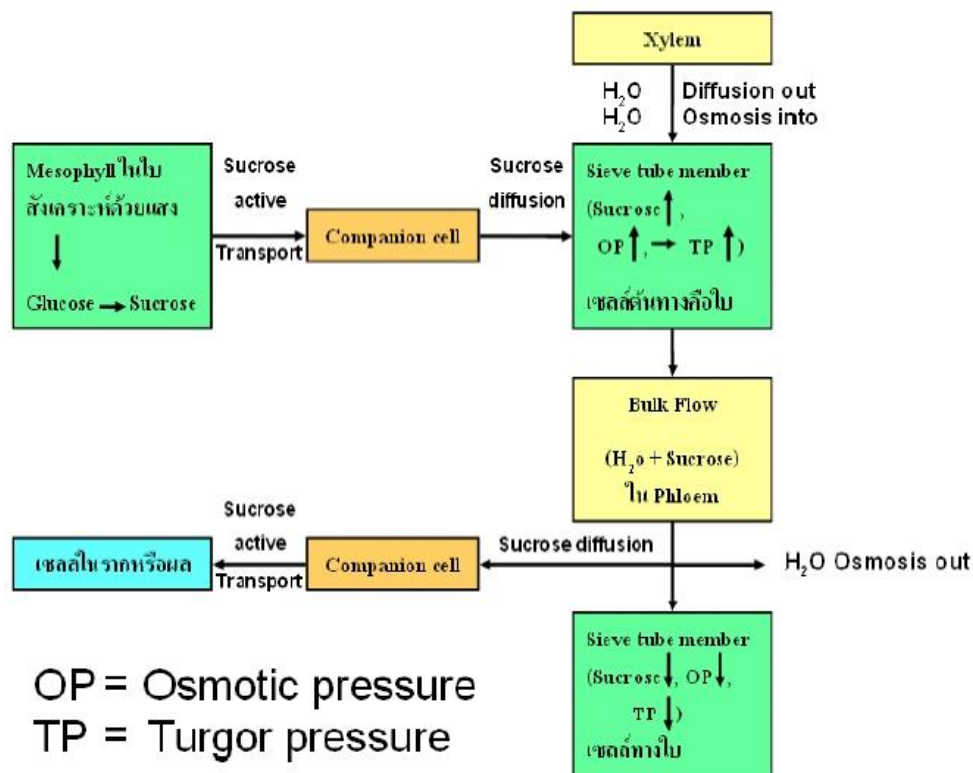
2.3.3. ການສະສົມນໍ້າຕານຊໂກສໃນຊີວທົວເຮັດໃຫ້ນໍ້າຈາກຈຸລັງຂ້າງຄຽງເຊັ່ນ: ຈຸລັງເມໂຊຟິລ ແລະ ຈຸລັງທີ່ຫຸ້ມກຸ່ມທໍ່ລໍາລຽງແພ່ເຂົ້າສູ່ຊີບທົວເຮັດໃຫ້ຊີວທົວມີແຮງດັນເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ດັນສານລະລາຍໃຫ້ເຄື່ອນຜ່ານຊີບທົວທີ່ລຽງຕິດກັນຈາກແຜ່ນໃບເຂົ້າສູ່ກ້ານໃບ, ກິ່ງ ແລະ ລໍາຕົ້ນຂອງພືດຕາມລໍາດັບ

2.3.4. ອາຫານຈະເຄື່ອນຕົວອອກຈາກໃບໄປສູ່ສ່ວນຕ່າງໆເພື່ອໃຊ້ ຫຼື ສະສົມເຊັ່ນ: ຢູ່ຮາກ, ດັ່ງນັ້ນໃບຈຶ່ງມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງສານອາຫານສູງກວ່າບໍລິເວນຮາກ ແລະ ຢູ່ຈຸລັງຮາກຈະມີການປ່ຽນນໍ້າຕານເປັນແບ່ງເຊິ່ງບໍ່ລະລາຍໃນນໍ້າ

The Pressure-Flow Hypothesis



ຮູບ 3.19 ການໄຫຼຂອງອາຫານເນື່ອງຈາກແຮງດັນ (Pressure flow)



ຮູບ 3.19. ສະແດງການລ່າລຽງອາຫານໃນຮູບຊູໂຄສຈາກຈຸລັງຕົ້ນທາງໄປສູ່ຈຸລັງປາຍທາດ

3. ທິດທາງການລ່າລຽງອາຫານຂອງພືດ

ການລ່າລຽງສານຕ່າງໆ ແລະ ໄປໃນທິດທາງຕ່າງໆໃນພືດນັ້ນ ຈຳແນກໄດ້ດັ່ງນີ້ ຄື

3.1. Upward translocation of mineral salts ບໍ່ວ່າຈະເປັນ Xylem ຫລື Phloem ລ້ວນແຕ່ມີພວກເກືອແຮ່ຢູ່, ການລ່າລຽງເກືອແຮ່ນີ້ເປັນການລ່າລຽງຂຶ້ນຂ້າງເທິງໂດຍໄປທາງ Xylem, ເມື່ອຕັດເອົາ Xylem ອອກ, ການລ່າລຽງເກືອແຮ່ຈະຢຸດຊະກຳເກືອແຮ່ສ່ວນໃຫຍ່ລ່າລຽງໄປທາງ Xylem ຫຼາຍກວ່າ Phloem ຫຼາຍສິບເທົ່າ.

3.2. Upward translocation of organic solutes ອົງສານອົງສານສ່ວນໃຫຍ່ເປັນພວກຄາຣໂບໄຮເດນດ (ຈາກການສັງເຄາະແສງ) ພວກກົດອິນຫີ, ໂປຣຕິນ, ກົດອະມິໂນ, ຮໍຣໂມນ ແລະ ວິຕາມິນຕ່າງໆ, ມີການລ່າລຽງຂຶ້ນຂ້າງເທິງໂດຍທາງ Phloem ເພື່ອໄປລ້ຽງສ່ວນທີ່ຢັ້ງອ່ອນຢູ່ ເຊັ່ນ ບໍລິເວນຍອດ. ພົບວ່າລ່າລຽງໄປທາງ Phloem ໂດຍສະຫລຸບແລ້ວການລ່າລຽງອິນຫີສານໄປລ້ຽງຢັ້ງສ່ວນຍອດນັ້ນໄປທາງ Phloem.

3.3. Downward translocation of organic solutes ເປັນການລ່າລຽງພວກອິນຫີສານລົງດ້ານລຸ່ມທາງ Phloem ເຊິ່ງມີໜ້ອຍຫຼາຍທີ່ລ່າລຽງໄປທາງ Xylem.

3.4. Outward translocation of salts from leaves ເປັນການລ່າລຽງພວກເກືອອື່ນໆ ເນື້ອເຍື່ອໃດເຮັດຫນ້າທີ່ລ່າລຽງສະແດງເຖິງຄວາມສາມາດໃນການເຄື່ອນຍ້າຍ (Mobility) ຂອງທາດອີກດ້ວຍ, ການລ່າລຽງນີ້ເປັນໄປໄດ້ເມື່ອກ້ານໃບສົມບູນດີ ແຕ່ຖ້າເອົາໄອນ້ຳຮ້ອນໆມາພິ່ນທີ່ກ້ານໃບກໍຈະໄປຢັ້ງການລ່າລຽງທາດອອກຈາກໃບ “ການລ່າລຽງທາດ ຫລື ເກືອຕ່າງໆ ອອກຈາກໃບໄປທາງ Phloem ເທົ່ານັ້ນ”

3.5. Lateral translocation of solutes ເປັນການລ່າລຽງອົງຄະທາດ ແລະ ອະມິນຊີສານໄປທາງດ້ານຂ້າງຂອງລຳຕົ້ນ, ການລ່າລຽງປະເພດນີ້ຈະຜ່ານໄປທາງ Vascular ray cell, ໃນພືດບາງຊະນິດມີ Lateral

translocation ເຊິ່ງບໍ່ດີປານໃດ ເພາະຖ້າຕັດດ້ານໜຶ່ງດ້ານໃດຂອງລຳຕົ້ນ ຫຼື ກິ່ງອອກຈະເຮັດໃຫ້ການຈະເລີນເຕີບ
ໂຕຂອງດ້ານນັ້ນບໍ່ດີເທົ່າອີກດ້ານໜຶ່ງ ຫຼື ຖ້າຕັດອ້ອມຕົ້ນກໍຈະຄອດ.

ການລຳລຽງໂດຍທາງ Phloem ນີ້ຂຶ້ນຢູ່ກັບອຸນຫະພູມ ແລະ ປະລິມານຂອງອອກຊີເຈນດ້ວຍ ຄື ຖ້າອຸນ-
ຫະພູມຕໍ່າ, ອອກຊີເຈນໜ້ອຍການລຳລຽງຈະເກີດຂຶ້ນຊ້າ ຫຼື ອາດບໍ່ເກີດເລີຍ, ແຕ່ຖ້າອຸນຫະພູມສູງແລະມີ ອອກຊີ
ເຈນພຽງພໍການລຳລຽງດັ່ງກ່າວກໍຈະເກີດຂຶ້ນໄວ.

ບົດທີ 3

ການຫາຍໃຈຂອງພືດ

(Respiration of Plant)

I. ຄວາມໝາຍຂອງການຫາຍໃຈ

ການຫາຍໃຈ ໝາຍເຖິງການອອກຊີໄດໝາຍໂບໄຮເຄຼດ ຫຼື ທາດປະສົມອື່ນໆເພື່ອນຳພະລັງງານທີ່ສະສົມໄວ້
(ຈາກການສັງເຄາະແສງ) ມາໃຊ້ໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມເພື່ອການຈະເລີນເຕີບໂຕເຊັ່ນ: ການສັງເຄາະທາດ
ຕ່າງໆ, ການເຄື່ອນຍ້າຍໄອອອນ ຫຼື ທາດອົງຄະທາດຜ່ານເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງ (active transport) ເປັນຕົ້ນ. ນອກຈາກນີ້
ການຫາຍໃຈຍັງໄດ້ທາດຕົວກາງ (intermediate product) ອີກຫຼາຍຊະນິດເພື່ອຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມ.

ການຫາຍໃຈເປັນວິຖີຫຼັກໃນການຄາຕາໂບລິສຊິມຂອງຈຸລັງ, ເປັນຂະບວນການທີ່ຈຸລັງສະຫຼາຍອາ ຫານທີ່
ເປັນສານໂມເລກຸນໃຫຍ່ເຊັ່ນ: ຄລູໂຄສໃຫ້ເປັນສານໂມເລກຸນນ້ອຍໆ ໃນຂະນະດຽວກັນກໍປ່ຽນພະ ລັງງານເຄມີໃນ
ໂມເລກຸນຂອງອາຫານໃຫ້ຢູ່ໃນຮູບທີ່ຈຸລັງນຳໄປໃຊ້ໄດ້. ຖ້າປຽບທຽບການຫາຍໃຈກັບການເຜົາໃໝ່ເຊື້ອໄພ ເຊື້ອໄພ
ຈະຖືກອອກຊີໄດໂດຍທຳປະຕິກິລິຍາກັບອອກຊີເຈນເຮັດໃຫ້ມີພະລັງງານປົດປ່ອຍອອກມາ, ພະລັງງານນີ້ຖືກນຳໄປ
ໃຊ້ໃນການເຮັດວຽກຂອງເຄື່ອງຈັກ. ການຫາຍໃຈຂອງຈຸລັງແຕກຕ່າງຈາກການເຜົາໃໝ່ທຳມະດາບ່ອນວ່າ, ການ
ຫາຍໃຈເປັນຂະບວນການເຜົາໃໝ່ທີ່ຖືກຄວບຄຸມດ້ວຍເອັນໄຊ ເຊິ່ງຄວາມຄວາມໃຫ້ເຊື້ອໄພ (ອາຫານ) ຄ່ອນໆ
ສະຫຼາຍຕົວ ແລະ ປະຕິກິລິຍາອອກຊີເດຊັນຈະປະກອບດ້ວຍຫຼາຍຂັ້ນຕອນ ເຮັດໃຫ້ພະລັງງານຖືກປ່ອຍອອກມາ
ເທື່ອລະໜ້ອຍໆ ແລະ ຈຸລັງກໍມີກົນໄກທີ່ຈະເກັບພະລັງງານນີ້ໄວ້ໃນໂມເລກຸນຂອງ ATP ເຊິ່ງເປັນສານພາ
ພະລັງງານໄປໃຊ້ໃນປະຕິກິລິຍາຕ່າງໆທີ່ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານໃນຈຸລັງ ດັ່ງສົມຜົນປະຕິກິລິຍາລຸ່ມນີ້:



II. ຂະບວນການໃນການຫາຍໃຈ

ຂະບວນການຫາຍໃຈມີຫຼາຍຊະນິດ, ແຕ່ໂດຍປົກກະຕິຈະໝາຍເຖິງຂະບວນການທີ່ຕ້ອງການອອກຊີເຈນ ແລະ ມີການສັງເກດ ATP (aerobic respiration), ມີການຫາຍໃຈບາງຊະນິດທີ່ບໍ່ຕ້ອງໃຊ້ອອກຊີເຈນ ແລະ ມີການສ້າງ ATP ໜ້ອຍເຊັ່ນ: anaerobic respiration (fermentation), pentose sugar respiration, lipid respiration, cyanide-resistant respiration ເປັນຕົ້ນ.

1. ການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອົກຊີແຊນ (aerobic respiration)

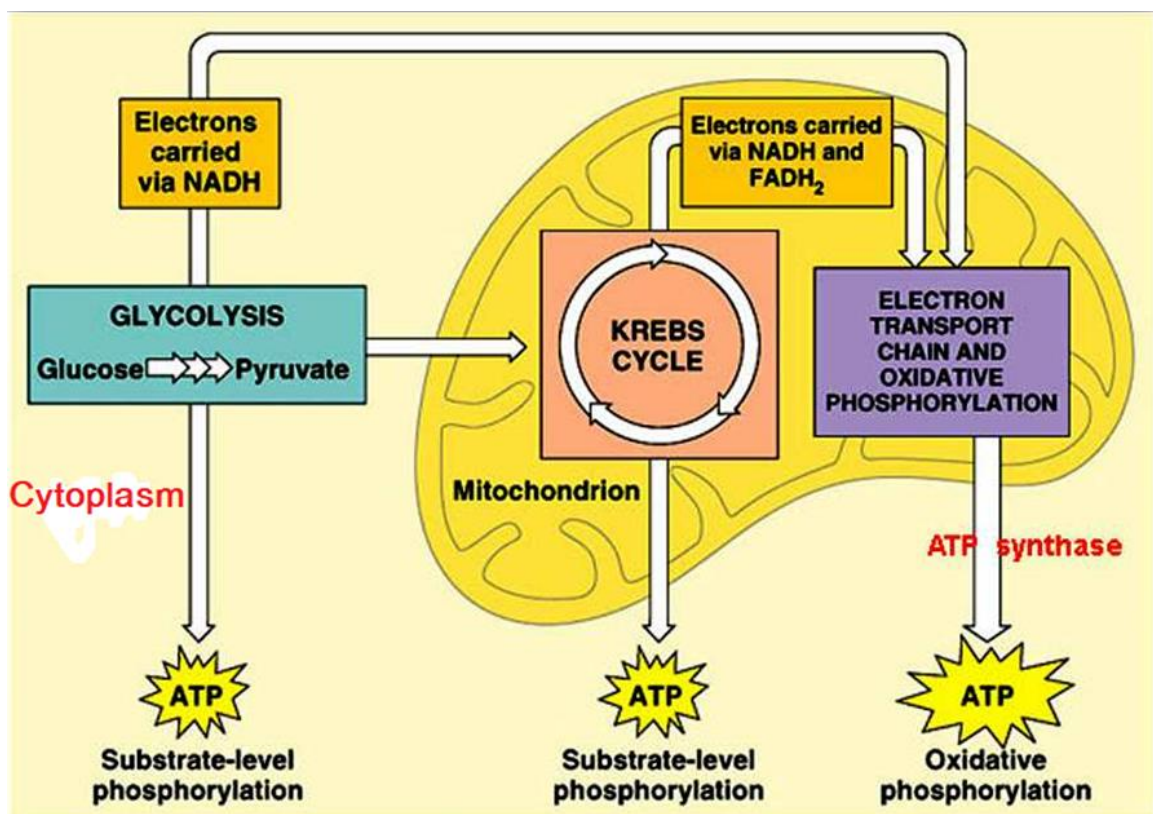
ໃນການສະຫຼາຍໂມເລກູນຂອງກຸຍໂກສຈົນໄດ້ຄາບອນໄດອອກໄຊ ແລະ ນ້ຳນັ້ນມີປະຕິກິລິຍາຫຼາຍຂັ້ນຕອນ ເຊິ່ງອອດແບ່ງເປັນຂັ້ນຕອນໃຫຍ່ໆ 4 ຂັ້ນຕອນດັ່ງນີ້:

1) Glycolysis ເປັນການອອກຊີໄດຊ໌ (ເພີ່ມອອກຊີເຈນ) ກຸຍໂກສໄປເປັນ pyruvic acid, ປະຕິກິລິຍາໃນຂັ້ນຕອນນີ້ເກີດຂຶ້ນໃນ cytoplasm ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນສະພາບທີ່ມີ ແລະ ບໍ່ມີອອກຊີເຈນ.

2) Acetyl CoA formation ເປັນຂັ້ນຕອນການອອກຊີໄດຊ໌ (ເພີ່ມອອກຊີເຈນ) pyruvic acid ທີ່ໄດ້ຈາກ glycolysis ໄປເປັນ Acetyl CoA ເພື່ອເຂົ້າສູ່ Krebs's cycle ຕໍ່ໄປ. ຂັ້ນຕອນນີ້ເກີດຂຶ້ນໃນ matrix ຂອງໄມໂທຄອນເດຍ.

3) Krebs's cycle ເປັນການອອກຊີໄດຊ໌ (ເພີ່ມອອກຊີເຈນ) Acetyl CoA ໄປເປັນ oxaloacetic acid, ປະຕິກິລິຍາຕ່າງໆໃນ Krebs's cycle ເກີດຂຶ້ນໃນ matrix ຂອງໄມໂທຄອນເດຍ ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍປະຕິກິລິຍາຕ່າງໆຫຼາຍຂັ້ນຕອນ.

4) Electron transport ການຖ່າຍທອດອີເລັກຕຣອນນີ້ເກີດຂຶ້ນໃນຂອງຈຸລັງຊັ້ນໃນຂອງໄມໂຕຄອນເດຍ, ເຊິ່ງເປັນບໍລິເວນທີ່ມີຕົວນຳອີເລັກຕຣອນຢູ່ ແລະ ຢູ່ຂອບຈຸລັງຊັ້ນໃນຂອງໄມໂຕຄອນເດຍນີ້ຈະມີ vesicle ເຊິ່ງເປັນເມັດກົມໆ ແລະ ເປັນໂຄງສ້າງທີ່ມີເອັນໄຊ ATP synthase ເຊິ່ງເປັນເອັນໄຊທີ່ກະຕຸ້ນການສັງເກດ ATP.



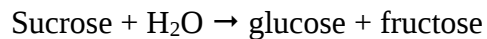
ຮູບ 3.1. ແຜນວາດສະແດງຂະບວນການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນຂອງພືດ

1.1. ຂະບວນການໄກໂຄໄລຊິສ (Glycolysis)

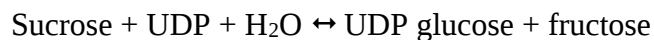
ໄກໂຄໄລຊິສເປັນຂະບວນການຍ່ອຍສະຫຼາຍກຸຍໂກສ ($C_6H_{12}O_6$) ໃຫ້ເປັນໄຟຣູເວດ ($C_3H_4O_3$) 2 ໂມເລກຸນ ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍ 10 ປະຕິກິລິຍາຕໍ່ເນື່ອງກັນ ເຊິ່ງຖືກເລັ່ງປະຕິກິລິຍາໂດຍເອັນໄຊ 10 ຊະນິດ ໂດຍແບ່ງອອກເປັນ 2 ໄລຍະຄື: Energy investment phase ແລະ Energy payoff Phase ໄກໂຄໄລຊິສພົບໃນໄຊໂທພລາສຊິມຂອງຈຸລັງສິ່ງມີຊີວິດ

1.1.1. ກຸຍໂກສທີ່ເຂົ້າສູ່ glycolysis ອາດມາຈາກທາດປະສົມຫຼາຍຊະນິດຄື:

- ໃນຈຸລັງທີ່ມີການຈະເລີນເຕີບໂຕຢ່າງຊ້າໆ ແລະ ຈຸລັງທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕເຕັມທີ່ແລ້ວ (mature cell), ການຫາຍໃຈເລີ່ມຕົ້ນຈາກກຸຍໂກສ ເຊິ່ງຈະຕ້ອງມີການໄຮໂດໄລຊິສຊູໂຄສ ແລະ ຟຼຸກໂຕສກ່ອນ ໂດຍເອັນໄຊ sucrase ເຊິ່ງມີຢູ່ທັງໃນໄຊໂທພລາສຊິມ, ແວກຄິວໂອນ ແລະ ບາງຄັ້ງພົບທີ່ຂອບຈຸລັງ. ທັງກຸຍໂກສ ແລະ ຟຼຸກໂຕສທີ່ເກີດຂຶ້ນນີ້ຈະເຂົ້າສູ່ glycolysis.



- ພຶດທີ່ມີການສະສົມແປງ ຫຼື ຈຸລັງທີ່ກຳລັງຈະເລີນເຕີບໂຕຢ່າງໄວວາ, ຊູໂຄສຈະໄດ້ຈາກການສະຫຼາຍແປງ ແລະ ເກີດຂຶ້ນໂອຍເອັນໄຊ sucrose synthase ແລະ ຜົນທີ່ໄດ້ຈາກປະຕິກິລິຍານີ້ຄື: ຟຼຸກໂຕສ ແລະ ກຸຍໂກສ ເຊິ່ງລວມກັບ carrier molecule (uridine diphosphate; UDP), ຟຼຸກໂຕສ ທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະເຂົ້າສູ່ glycolysis ໄດ້ເລີຍ, ແຕ່ UDP-glucose ຈະຕ້ອງສະຫຼາຍໃຫ້ເປັນກຸຍໂກສກ່ອນຈຶ່ງສາມາດເຂົ້າສູ່ glycolysis ໄດ້.



- ແປງປະກອບດ້ວຍໂມເລກຸນກຸຍໂກສ, ດັ່ງນັ້ນກ່ອນທີ່ຈະເຂົ້າສູ່ glycolysis ຈະຕ້ອງມີການສະຫຼາຍໂມເລກຸນຂອງແປງກ່ອນໂດຍເອັນໄຊຫຼາຍຊະນິດ ເຊິ່ງເປັນໄຊທີ່ສຳຄັນໄດ້ແກ່: amylase ເຊິ່ງຈະກະຕຸ້ນການໄຮໂດໄລຊິສທີ່ຕະແໜ່ງ $\alpha - 1,4 \text{ glucose}$. ເອັນໄຊ starch phosphorylase ເຊິ່ງກະຕຸ້ນການເຮັດປະຕິກິລິຍາລະຫວ່າງກຸຍໂກສກັບຟອສເຟດ ແລະ ເຮັດໃຫ້ກຸຍໂກສຫຼຸດອອກຈາກໂມເລກຸນຂອງແປງ, ຜົນຈາກການເກີດປະຕິກິລິຍານີ້ຄື: glucose-1-phosphate ແລະ ເອັນໄຊ debranching enzyme ເຊິ່ງຈະກະຕຸ້ນການໄຮໂດໄລຊິສທີ່ຕໍາແໜ່ງ branch point. ການສະຫຼາຍແປງເກີດໃນຄໍໂຣພລາສ ຫຼື amyloplast, ກຸຍໂກສທີ່ໄດ້ຈາກການສະຫຼາຍນີ້ຈະເຄື່ອນທີ່ໄປສູ່ໄຊໂທພລາສຊິມ ແລະ ເຂົ້າສູ່ glycolysis ຕໍ່ໄປ.

1.1.2. Glycolysis ແບ່ງອອກເປັນ 2 ໄລຍະຄື: Energy investment phase ແລະ Energy payoff Phase, ປະກອບດ້ວຍ 10 ປະຕິກິລິຍາດັ່ງນີ້:

1.1.2.1. ໄລຍະ Energy investment phase ປະກອບມີ 5 ປະຕິກິລິຍາຄື:

1) ປະຕິກິລິຍາທີ 1: ນໍ້າຕານ Glucose ຈະຖືກກະຕຸ້ນໃຫ້ມີພະລັງງານສູງຂຶ້ນກ່ອນຮັບໝູ່ຟອສເຟດຈາກ ATP ເຮັດໃຫ້ຄລູໂຄສປ່ຽນເປັນ glucose 6-phosphate (G6P) ໂດຍມີເອັນໄຊ Hexokinase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

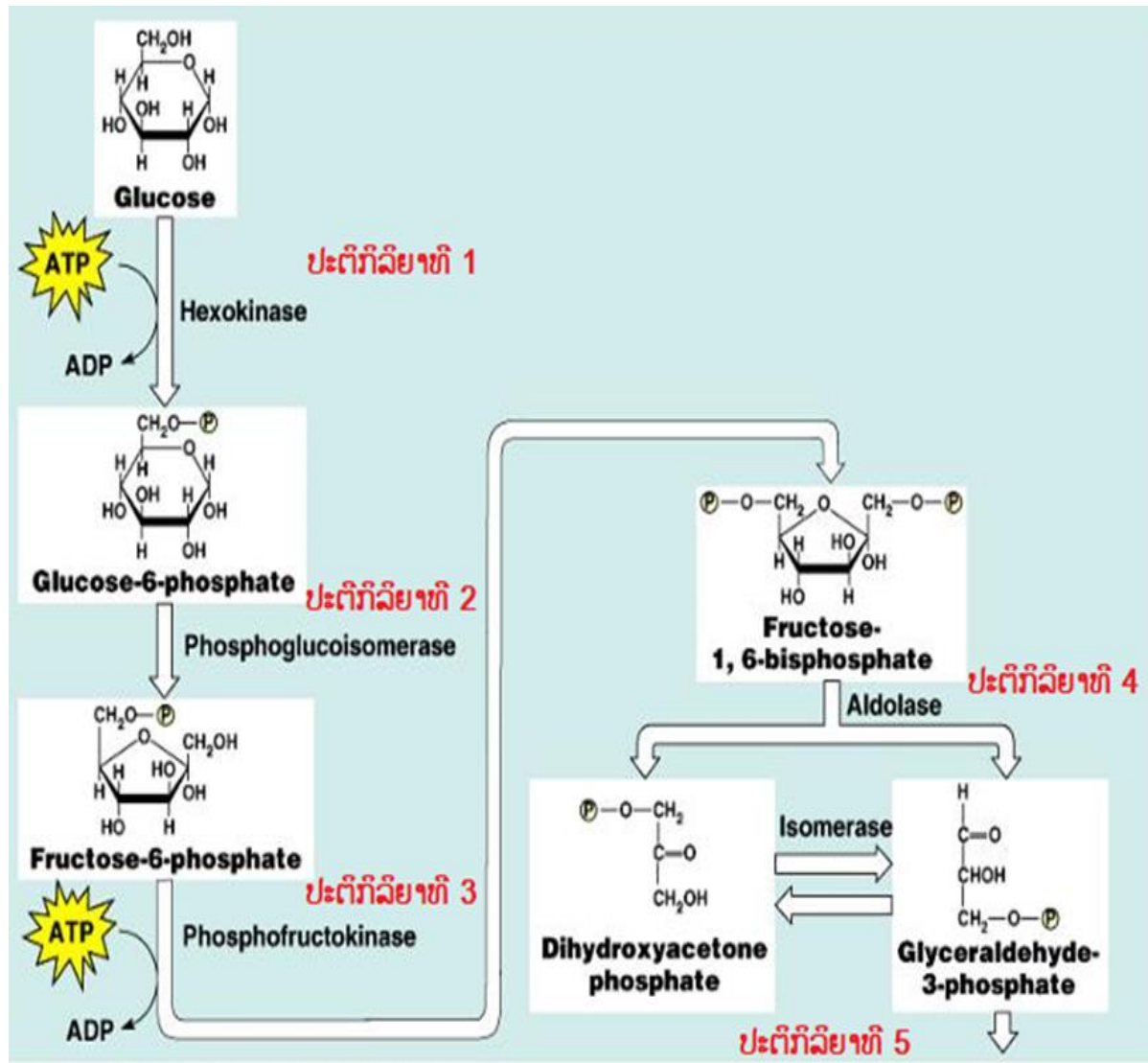
2) ປະຕິກິລິຍາທີ 2: glucose 6-phosphate ຈະຖືກປ່ຽນເປັນ fructose 6-phosphate (F6P) ໂດຍມີເອັນໄຊ phosphoglucoisomerase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

3) ປະຕິກິລິຍາທີ 3: fructose 6-phosphate ຈະເຮັດປະຕິກິລິຍາກັບ ATP 1 ໂມເລກຸນແລ້ວປ່ຽນເປັນ fructose 1, 6-bisphosphate (FDP) ໂດຍມີເອັນໄຊ phospho- frutokinase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

4) ປະຕິກິລິຍາທີ 4: fructose 1, 6-bisphosphate ຈະຖືກແຍກອອກເປັນນໍ້າຕານໄທຣໂອສ (Triose) 2 ໂມເລກູນຄື: Glyceraldehyde 3-phosphate (G3P) ແລະ Dihydroxyacetone phosphate (DHAP) ໂດຍມີເອັນໄຊ Aldolase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

5) ປະຕິກິລິຍາທີ 5: Dihydroxyacetone phosphate ຈະຖືກປ່ຽນເປັນ Glyceraldehyde 3-phosphate (G3P) ໂດຍມີເອັນໄຊ Isomerase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

ດັ່ງນັ້ນໄລຍະທໍາອິດຂອງຂະບວນການໄກໂກໄລຊິສ ຈະເປັນການກະຕຸ້ນໃຫ້ນໍ້າຕານມີພະລັງ ງານສູງຂຶ້ນເພື່ອກຽມໃຫ້ມີພະລັງທີ່ຈະທໍາປະຕິກິລິຍາໃນໄລຍະຕໍ່ໄປ, ໃນໄລຍະທໍາອິດນີ້ໃຊ້ພະລັງງານ ATP ໄປ 2 ໂມເລກູນ ຕໍ່ຄລູໂກ 1 ໂມເລກູນ ແລະນໍ້າຕານເຮັກໂຊສໄດ້ຖືກຍ່ອຍອອກເປັນນໍ້າຕານໄທຣໂອສ 2 ໂມເລກູນ.



ຮູບ 3.2. ສະແດງປະຕິກິລິຍາໃນໄລຍະ Energy investment phase

1.1.2.2. ໄລຍະ Energy payoff Phase ປະກອບມີ 5 ປະຕິກິລິຍາຄື:

6) ປະຕິກິລິຍາທີ 6: ເອັນໄຊ Triose phosphate dehydrogenase ຈະເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ 2 ຂັ້ນຕອນຄື: ປະຕິກິລິຍາອອກຊີເດຊັນຂອງນໍ້າຕານ Glyceraldehyde 3-phosphate (G3P) ໂດຍການດຶງອີເລັກຕຽນ 1 ຄູ່ ແລະ H^+ 1 ອະນຸພາກຈາກຄາບອນຕໍາແໜ່ງທີ 1 ຂອງ G3P ແລ້ວນໍາໄປຖ່າຍທອດໃຫ້ກັບ NAD^+ ເຮັດໃຫ້ NAD^+ ຖືກຣີດິວເປັນ NADH ປະຕິກິລິຍາອອກຊີເດຊັນນີ້ເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ປົດປ່ອຍພະລັງງານອອກມາ

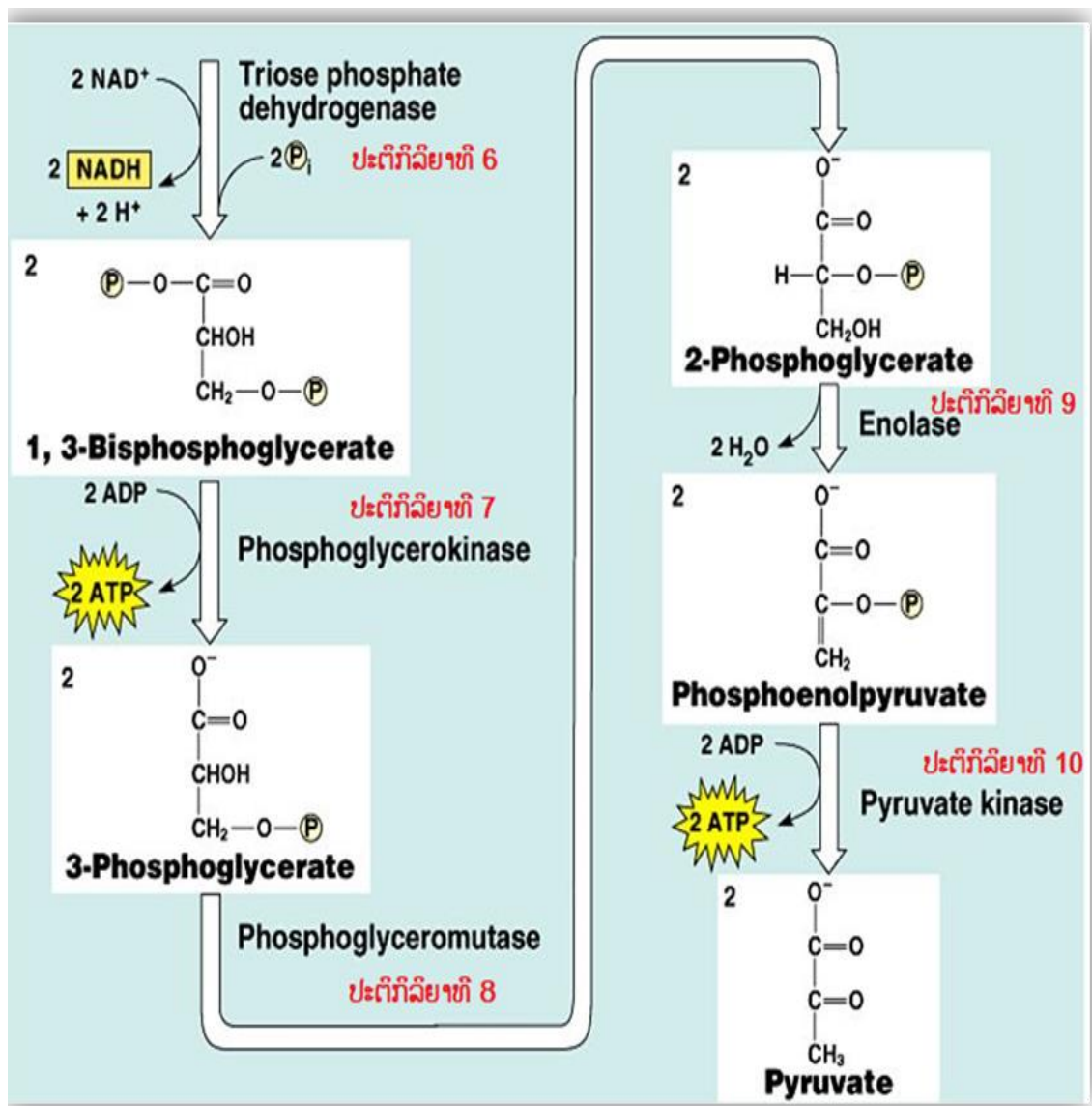
ເຊິ່ງພະລັງງານນີ້ຈະຖືກນຳໃຊ້ໃນການຕື່ມໝູ່ຟອສເຟດ (Pi) ໃຫ້ແກ່ຄາບອນໃນຕາແໜ່ງທີໜຶ່ງຂອງ G3P ພັນທະລະຫວ່າງໝູ່ຟອສເຟດກັບຄາບອນດັ່ງກ່າວເປັນພັນທະຟອສເຟດພະລັງງານສູງ (high-energy phosphate bond) ຜົນຜະລິດທີ່ໄດ້ຈາກປະຕິກິລິຍາທີ 2 ຄື 1,3-diphosphoglyceric acid (1,3 diPGA)

7) ປະຕິກິລິຍາທີ 7: 1,3-diphosphoglycerate ເປັນສານປະກອບຟອສເຟດພະລັງງານສູງສາມາດຖ່າຍທອດໝູ່ຟອສເຟດໃຫ້ແກ່ ADP ເຮັດໃຫ້ ADP ປ່ຽນເປັນ ATP ການສັງເກດ ATP ໂດຍໝູ່ຟອສເຟດຈາກສານປະກອບຟອສເຟດພະລັງງານສູງໃຫ້ແກ່ ADP ນີ້ເອີ້ນວ່າ: ຊັບສະເຕດເລເວລຟອສໂຟຣີເລຊັນ (Substrate level phosphorylation), ເມື່ອ 1,3-diphosphoglycerate ໃຫ້ໝູ່ຟອສເຟດໃຫ້ແກ່ ADP ແລ້ວກໍ່ກາຍ 3-phosphoglyceric acid (3-PGA) ໂດຍມີເອັນໄຊໂດຍມີເອັນໄຊ phosphofructo- kinase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

8) ປະຕິກິລິຍາທີ 8: ຟອສເຟດທີ່ເກີດພັນທະກັບຄາບອນທີ່ຕາແໜ່ງທີ 3 ຂອງ 3-phosphoglyceric acid (3-PGA) ຈະຍ້າຍໄປເກີດພັນທະກັບຄາບອນທີ່ຕາແໜ່ງທີ 2 ໂດຍເອັນໄຊ phosphoglyceromutase ຜົນທີ່ໄດ້ຄື 2-phosphoglyceric acid (2-PGA)

9) ປະຕິກິລິຍາທີ 9: ເອັນໄຊ enolase ຈະດຶງ H_2O ອອກຈາກ 2-PGA ແລະ ມີການລຽງຕົວຂອງອີເລັກຕຽນຄືຍໃໝ່ ເປັນຜົນເຮັດໃຫ້ພັນທະຟອສເຟດເກີດຄວາມບໍ່ສະຖຽນ ແລະ ການເປັນພັນທະຟອສເຟດພະລັງງານສູງ ເຊິ່ງຜົນຜະລິດທີ່ໄດ້ຄື phosphoenopyruvic acid (PEP)

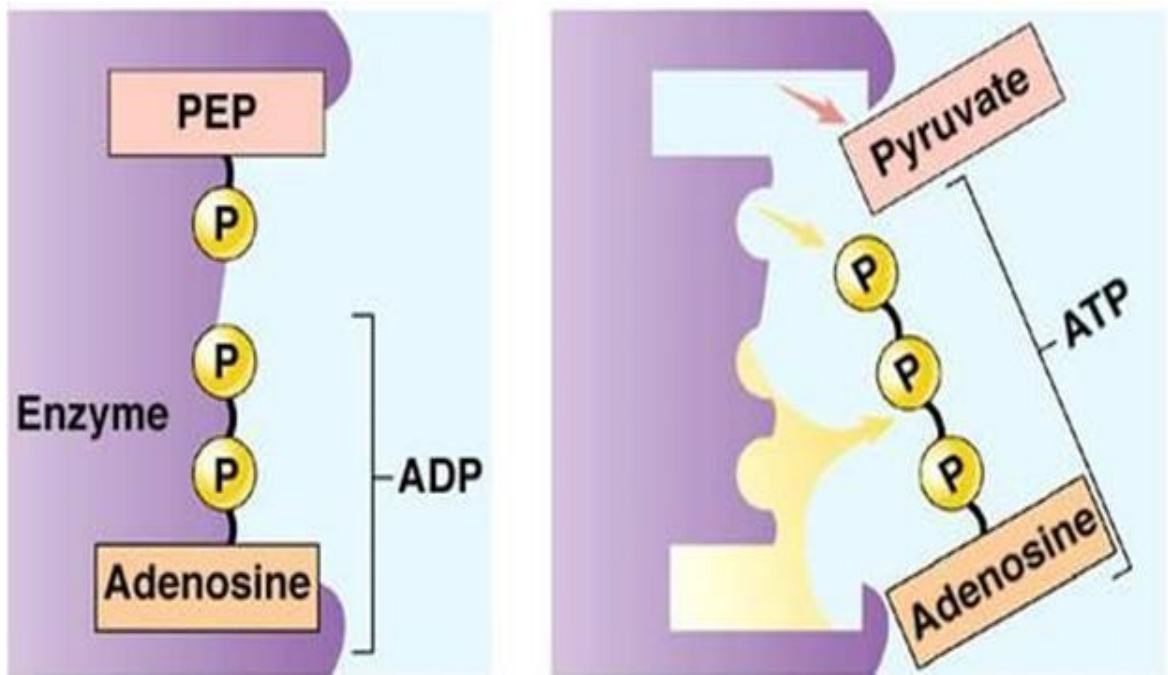
10) ປະຕິກິລິຍາທີ 10: ປະຕິກິລິຍາສຸດທ້າຍຂອງຂະບວນການໄກໂກໄລຊິສ ເອັນໄຊ pyruvate kinase ຈະເລັ່ງປະຕິກິລິຍາການຖ່າຍທອດໝູ່ຟອສເຟດຈາກ phosphoenopyruvic acid (PEP) ໄປໃຫ້ ADP ເຮັດໃຫ້ ADP ກາຍເປັນ ATP ໂດຍວິທີຊັບສະເຕດເລເວລຟອສໂຟຣີເລຊັນອີກປະຕິກິລິຍາໜຶ່ງ, ເມື່ອ PEP ສູນເສຍໝູ່ຟອສເຟດໄປແລ້ວກໍ່ກາຍເປັນໄພຣູເວດ (Pyruvate)



ຮູບ 3.3 ສະແດງປະຕິກິລິຍາໃນໄລຍະ Energy payoff Phase

1.1.3. ການສ້າງ ATP ໃນຂະບວນການ Glycolysis

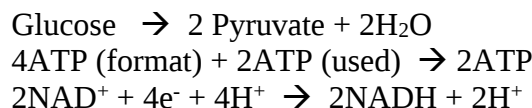
ພະລັງງານພັນທະທີ່ປ່ຽນແປງໄປໃນລະຫວ່າງທີ່ມີການປ່ຽນແປງ Glucose ໃນຂະບວນການ Glycolysis ຈະຖືກການສ້າງເຄາະ ATP ໂດຍວິທີ substrate-level phosphorylation ຄື: ໝູ່ຟອສເຟດ (P_i) ຈາກສານຕັ້ງຕົ້ນຈະຖືກໂອນມາໃຫ້ໂມເລກຸນຂອງ ADP ໂດຍກົງ ໂດຍໃຊ້ພະລັງງານທີ່ໄດ້ຈາກປະຕິກິລິຍານັ້ນ ແລະ ມີເອັນໄຊ kinase ເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ. ໃນ Glycolysis ມີ 2 ປະຕິກິລິຍາທີ່ມີພະລັງງານພັນທະທີ່ປ່ຽນແປງໄປ ພຽງພໍທີ່ຈະໃຊ້ໃນການສ້າງເຄາະ ATP ໄດ້ແກ່: ປະຕິກິລິຍາທີ 7 ຄືການປ່ຽນ 1,3-diphosphoglycerate ເປັນ 3-phosphoglyceric acid (3-PGA) ໂດຍມີເອັນໄຊ phosphofructokinase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ ແລະ ປະຕິກິລິຍາທີ 10: ຄືການປ່ຽນ phosphoenolpyruvic acid (PEP) ເປັນ Pyruvate ໂດຍມີເອັນໄຊ pyruvate kinase ເປັນຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ



ຮູບ 3.4 ສະແດງວິທີການສ້າງ ATP ໂດຍວິທີ substrate-level phosphorylation

1.1.4. ຜະລິດຕະພັນຕ່າງໆທີ່ໄດ້ຈາກ glycolysis

Glucose 1 ໂມເລກຸນຈະສະຫຼາຍໃຫ້ເປັນ Glyceraldehyde 3-phosphate 2 ໂມເລກຸນ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ໄດ້ Pyruvate 2 ໂມເລກຸນ ແລະ ມີ ATP ເກີດຂຶ້ນ 4 ໂມເລກຸນ, ແຕ່ເນື່ອງຈາກວ່າມີການໃຊ້ ATP 2 ໂມເລກຸນໃນໄລຍະທຳອິດຂອງ glycolysis ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງມີ ATP ເກີດຂຶ້ນ 2 ໂມເລກຸນ, ນອກຈາກນີ້ຍັງມີ NADH 2 ໂມເລກຸນ ເຊິ່ງສາມາດສະແດງໄດ້ດັ່ງນີ້:

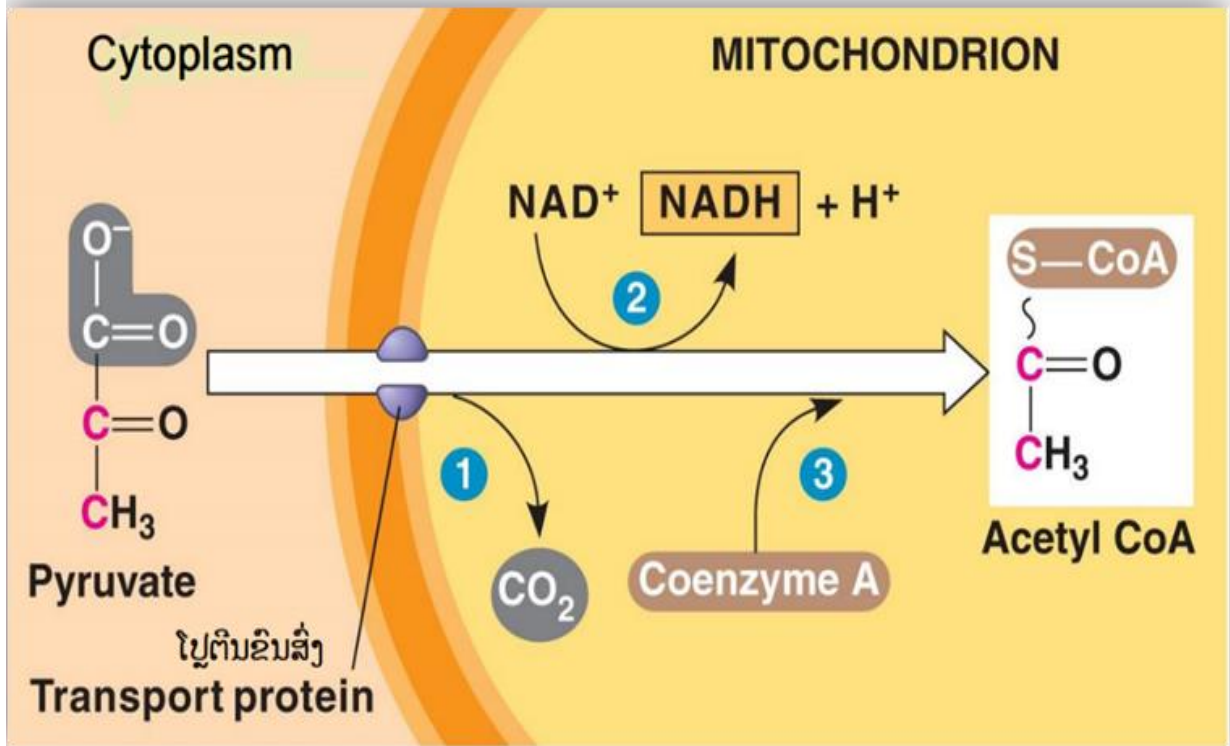


ພຶດສາມາດໃຊ້ ATP ທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມໄດ້ (ATP ເປັນທາດປະສົມທີ່ລະລາຍໃນນ້ຳໄດ້ຈຶ່ງສາມາດເຄື່ອນຍ້າຍໄປສູ່ສ່ວນຕ່າງໆຂອງຈຸລັງໄດ້), ແຕ່ພະລັງງານສ່ວນໃຫຍ່ຈາກການສະຫຼາຍກຸຍໂກສຢັງຖືກເກັບໄວ້ໃນ pyruvic acid (ພຶດສາມາດນຳເອົາມາໃຊ້ໄດ້ໂດຍກົງ) ເຊິ່ງຈະຕ້ອງນຳໄປໃຊ້ໃນການສ້າງ ATP ໃນຂັ້ນຕອນຕໍ່ໄປ, ສຳລັບ NADH ນັ້ນບົດບາດສ່ວນໃຫຍ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການທ່າຍທອດອີເລັກຕຽນເຊິ່ງຈະເຮັດໃຫ້ມີການສ້າງ ATP ເກີດຂຶ້ນແລ້ວພຶດຈຶ່ງນຳເອົາໄປໃຊ້ອີກເທື່ອໜຶ່ງ.

2. Acetyl CoA formation

ເປັນຂັ້ນຕອນທີ່ເຊື່ອມລະຫວ່າງ glycolysis ກັບ Krebs cycle ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນແມັດຫຼີກ (matrix) ຂອງໄມໂທຄອນເດຼຍ, ໂດຍ pyruvate ຫຼື pyruvate acid ທີ່ໄດ້ຈາກໄກຼຟກໄລຊິສໃນໄຊໂທພລາສຊິມ ຈະເຄື່ອນຍ້າຍຜ່ານເຈ້ຍຫຸ້ມຂອງໄມໂທຄອນເດຼຍເຂົ້າໄປໃນສ່ວນຂອງແມັດຫຼີກຂອງໄມໂທຄອນເດຼຍ ແລະ ເກີດການ decarboxylation carboxyl group ໃນໂມເລກຸນຂອງ pyruvate acid ເຊິ່ງໃນປະຕິກິລິຍານີ້ໝູ່ຄາບອກຊິລ (-COO) ຂອງໄຟຣູເວດຈະຖືກດຶງອອກມາກາຍເປັນ CO₂ ເຊິ່ງເປັນຂອງເສຍທີ່ຈະຊົມອອກຈາກຈຸລັງ ແລະ ທາດປະສົມທີ່ມີຄາບອນ 2 ອາຕອມເຊິ່ງຖືກອອກຊີໄດຊ໌ (ປະຕິກິລິຍາເພີ່ມອອກຊີເຈນ) ໂດຍເອເລັກຕຽນໜຶ່ງຄູ່ຖືກດຶງ

ອອກໄປກາຍເປັນ acetyl group ແລະ ສິ່ງໄປຮີດິວ NAD^+ ໃຫ້ເປັນ NADH , ສ່ວນທີ່ເຫຼືອຢູ່ກໍ່ຈະກາຍເປັນໝູ່ອາຊິທິລເຊິ່ງຖືກຖ່າຍທອດໄປໃຫ້ໂມເລກຸນຂອງໂຄເອັນໄຊເອ (coenzyme A) ຜົນຜະລິດທີ່ໄດ້ຈາກປະຕິກິລິຍານີ້ຄື acetyl coenzyme A (acetyl CoA) ເຊິ່ງ NADH ແລະ CO_2 , ໂມເລກຸນຂອງ Acetyl CoA ຈະເປັນຕົວປ້ອນໝູ່ອາຊິທິລ ($-\text{C}-\text{CH}_3$) ເຂົ້າສູ່ Krebs cycle ຕໍ່ໄປດັ່ງຮູບ 3.5



ຮູບ 3.5 ສະແດງຂັ້ນຕອນ Acetyl CoA formation

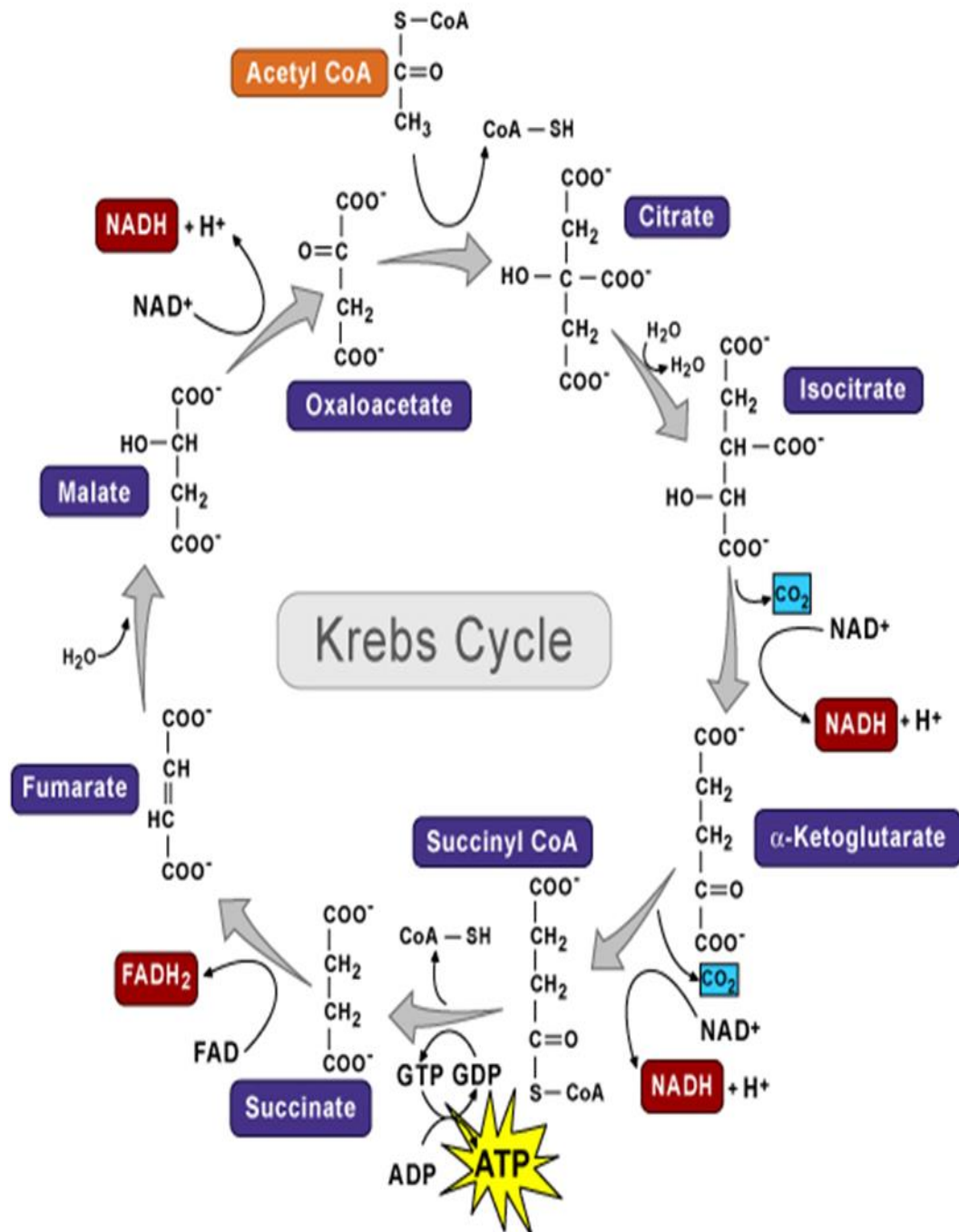
ໃນຂັ້ນຕອນນີ້ຈະມີ acetyl CoA ເກີດຂຶ້ນ 1 ໂມເລກຸນ, CO_2 ເກີດຂຶ້ນ 1 ໂມເລກຸນ ແລະ ມີ NADH ເກີດຂຶ້ນ 1 ໂມເລກຸນຈາກ pyruvate acid 1 ໂມເລກຸນ. ແຕ່ຈາກຂະບວນການໄກໂກໄລຊີສຈະມີ pyruvate acid ເກີດຂຶ້ນ 2 ໂມເລກຸນຈາກກຸຍໂກສ 1 ໂມເລກຸນ, ເພາະສະນັ້ນໃນຂັ້ນຕອນນີ້ຈະມີ acetyl CoA ເກີດຂຶ້ນ 2 ໂມເລກຸນ, CO_2 ເກີດຂຶ້ນ 2 ໂມເລກຸນ ແລະ NADH ເກີດຂຶ້ນ 2 ໂມເລກຸນຈາກກຸຍໂກສ 1 ໂມເລກຸນ.

3. ວົງຈອນແກຼບ (Krebs Cycle ຫຼື citric cycle ຫຼື tricarboxylic acid cycle)

Krebs Cycle ມີຊື່ເນື່ອງມາຈາກນັກວິທະຍາສາດຊາວອັງກິດ H.A. Krebs ເຊິ່ງສະເໜີໃນວົງຈອນນີ້ຂຶ້ນມາໃນປີ 1937 ເຊິ່ງໄດ້ອະທິບາຍເຖິງການສະຫຼາຍຕົວຂອງກົດໄຟຣູວິກ

3.1. ບົດບາດຂອງ Krebs Cycle

- 1) ສ້າງ NADH ແລະ FADH_2 ເຊິ່ງຕໍ່ມາຈະຖືກອອກຊີໂດຊ໌ແລ້ວໃຫ້ ATP 3 ແລະ 2 ໂມເລກຸນຕາມລຳດັບ, Glucose 1 ໂມເລກຸນໃຫ້ NADH 8 ແລະ FADH_2 2 ໂມເລກຸນ
- 2) ສ້າງຄ່າ ATP 1 ໂມເລກຸນຈາກກົດໄຟຣູວິນ 1 ໂມເລກຸນ, ດັ່ງນັ້ນ Glucose 1 ໂມເລກຸນຈຶ່ງໃຫ້ ATP 2 ໂມເລກຸນໃນ Krebs Cycle.
- 3) ສ້າງສານປະກອບທີ່ໃຊ້ໃນການສ້າງຄ່າສານອາຫານອື່ນໆໃນຈຸລັງ



ຮູບ 3.6. ແຜນວາດສະແດງປະຕິກິລິຍາໃນ **Krebs Cycle**

3.2. ປະຕິກິລິຍາຕ່າງໆໃນ **Krebs Cycle**

ວົງຈອນແກຼບ ຫຼື ວົງຈອນກົດອາເຊຕິກ (Citric Acid Cycle) ຫຼື ວົງຈອນກົດໄທຼຄາບອກຊິລິກ (Tricarboxylic Acid Cycle) ປະກອບດ້ວຍປະຕິກິລິຍາທັງໝົດ 8 ຂັ້ນຕອນທີ່ເກີດຕໍ່ເນື່ອງກັນເປັນວົງຈອນ (ດັ່ງຮູບ 3.6) ເຊິ່ງແຕ່ລະຂັ້ນຕອນສ່ວນໃຫຍ່ເກີດຂຶ້ນໃນ mitochondria matrix, ສ່ວນຂັ້ນຕອນທີ 6 ເກີດຂຶ້ນໃນ mitochondrial membrane. ທັງ 8 ຂັ້ນຕອນມີລາຍລະອຽດດັ່ງລຸ່ມນີ້:

1) ປະຕິກິລິຍາທີ 1: ເປັນການລວມຕົວກັນລະຫວ່າງ Acetyl CoA (ເປັນທາດປະສົມທີ່ມີ 2 ອາຕອມຄາບອນ) ກັບ Oxaloacetic acid ຫຼື Oxaloacetate ເຊິ່ງເປັນອາຊິດທີ່ມີ 4 ອາຕອມຄາບອນ ແລ້ວໄດ້ຜົນ

ຜະລິດເປັນ Citric acid ຫຼື Citrate ເຊິ່ງເປັນອາຊິດທີ່ມີ 6 ອາຕອມຄາຣບອນ, ມີໝູ່ຄາບອກຊິລ 3 ໝູ່ເຊິ່ງເປັນທີ່ມາຂອງວົງຈອນ ແລະ coenzyme A ໂດຍເອີ້ນໄຊ citrate synthase.

2) ປະຕິກິລິຍາທີ 2: ເກີດ dehydration ແລະ rehydration citric acid ເປັນ Isocitrate ຫຼື isocitric acid ໂດຍເອີ້ນໄຊ aconitase

3) ປະຕິກິລິຍາທີ 3: ເກີດ decarboxylation isocitric acid ເຮັດໃຫ້ມີ CO_2 ເກີດຂຶ້ນ ແລະ ຜົນໄດ້ຮັບທີ່ເກີດຈາກ decarboxylation ຈະຖືກອອກຊີໄດຊ໌ໄປເປັນ

α – Ketoglutarate ຫຼື α – ketoglutaric acid ໂດຍເອີ້ນໄຊ isocitric acid dehydrogenase ແລະ ອີເລັກຕຽນ (H^+) ທີ່ເກີດຈາກປະຕິກິລິຍາອອກຊີໄດຊ໌ນີ້ຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ NAD^+ ແລ້ວຮິດົວຊ໌ກາຍເປັນ NADH

4) ປະຕິກິລິຍາທີ 4: ເກີດ decarboxylation α – ketoglutaric acid ເຮັດໃຫ້ມີ CO_2 ເກີດຂຶ້ນ ແລະ ຜົນໄດ້ຮັບທີ່ເກີດຈາກ decarboxylation ຈະຖືກອອກຊີໄດຊ໌ ແລະ ລວມກັບ coenzyme A ໄປເປັນ Succinyl CoA ໂດຍອາໄສເອີ້ນໄຊ α – ketoglutaric acid dehydro- genase ແລະ ອີເລັກຕຽນ (H^+) ທີ່ເກີດຈາກປະຕິກິລິຍາອອກຊີໄດຊ໌ນີ້ຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ NAD^+ ແລ້ວຮິດົວຊ໌ກາຍເປັນ NADH.

5) ປະຕິກິລິຍາທີ 5: ຟອສເຟດຈະແທນທີ່ coenzyme A ທີ່ຢູ່ໃນໂມເລກູນຂອງ Succinyl CoA ຫຼັງຈາກນັ້ນຟອສເຟດຈະອອກມາຈາກໂມເລກູນ ແລະ ເຮັດປະຕິກິລິຍາກັບ ADP ກາຍເປັນ ATP (ເກີດ substrate-level phosphorylation ເຊິ່ງປະຕິກິລິຍາດັ່ງກ່າວຈະປົດປ່ອຍພະລັງງານອອກມາ, ພະລັງງານດັ່ງກ່າວຖືກນຳໄປຜັກດັນປະຕິກິລິຍາການລວມຕົວກັນລະຫວ່າງ ADP ກັບ Pi (H_2PO_4) ເພື່ອສ້າງ ATP) ແລະ succinate ຫຼື succinic acid ໂດຍເອີ້ນໄຊ succinic acid thiokinase.

6) ປະຕິກິລິຍາທີ 6: succinic acid ຖືກອອກຊີໄດຊ໌ໄປເປັນ fumarate ຫຼື fumaric acid ໂດຍເອີ້ນໄຊ succinic acid dehydrogenase, ອີເລັກຕຽນ (H^+) ທີ່ເກີດຈາກປະຕິກິລິຍາອອກຊີໄດຊ໌ນີ້ຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ FAD ແລ້ວຮິດົວຊ໌ກາຍເປັນ FADH_2

7) ປະຕິກິລິຍາທີ 7: fumaric acid ທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະເຮັດປະຕິກິລິຍາກັບນ້ຳ (hydration) ແລ້ວໄດ້ malate ຫຼື malic acid ໂດຍເອີ້ນໄຊ fumarase.

8) ປະຕິກິລິຍາທີ 8: malic acid ຖືກອອກຊີໄດຊ໌ ຕໍ່ໄປເປັນ oxaloacetate ຫຼື oxaloacetic acid ໂດຍເອີ້ນໄຊ malic acid dehydrogenase ອີເລັກຕຽນ (H^+) ທີ່ເກີດຈາກປະຕິກິລິຍາອອກຊີໄດຊ໌ນີ້ຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ NAD^+ ແລ້ວຮິດົວຊ໌ເປັນ NADH. oxaloacetic acid ທີ່ເກີດຂຶ້ນກໍຈະເຂົ້າໄປເຮັດປະຕິກິລິຍາກັບ acetyl CoA ເພື່ອເຂົ້າສູ່ Krebs Cycle ຮອບຕໍ່ໄປ.

3.3. ຜະລິດຕະພັນຕ່າງໆທີ່ໄດ້ຈາກ Krebs Cycle

ຜະລິດຕະພັນຂອງວົງຈອນແກຼບຄື CO_2 2 ອາຕອມ ແລະ ອີເລັກຕຽນທັງໝົດ 4 ຄູ່ທີ່ຖືກດຶງຈາກສານຕົວກາງໂດຍມີ NAD^+ ແລະ FAD ເປັນຕົວຮັບອີເລັກຕຽນເຮັດໃຫ້ເກີດການສ້າງ NADH ທັງໝົດ 3 ໂມເລກູນ ແລະ FADH_2 1 ໂມເລກູນຕໍ່ໄຟຣູເວດ 1 ໂມເລກູນທີ່ຜ່ານວົງຈອນແກຼບ. ນອກຈາກນັ້ນຍັງມີພະລັງງານທີ່ຖືກອະນຸລັກໄວ້ໃນ ATP 1 ໂມເລກູນໂດຍວິທີ substrate-level phospho-rylation.

ສະນັ້ນຈາກການສະຫຼາຍກຸຍໂຄສ 1 ໂມເລກູນໃນຂະບວນການໄກໂກໄລຊິສແລ້ວໄດ້ໄຟຣູເວດ 2 ໂມເລກູນ, ເມື່ອໄຟຣູເວດທັງສອງໂມເລກູນຖືກປ່ຽນເປັນອາເຊທິລໂຄເອນໄຊເອ 2 ໂມເລກູນ ຈາກນັ້ນເມື່ອ acetyl CoA ທັງສອງໂມເລກູນຜ່ານວົງຈອນແກຼບຈະໄດ້ CO_2 ຈຳນວນ 2 ໂມເລກູນ, NADH ຈຳນວນ 6 ໂມເລກູນ, FADH_2 ຈຳນວນ 2 ໂມເລກູນ ແລະ ATP ຈຳນວນ 2 ໂມເລກູນ. NADH ແລະ FADH_2 ມີໜ້າທີ່ນຳອີເລັກຕຽນທີ່ມີພະລັງງານສູງໄປຮິດົວຊ໌ກຳສອກຊີເຈນ ໂດຍສົ່ງອີເລັກຕຽນຜ່ານສານຕົວກາງຕ່າງໆໃນຕ່ອງໂສ້ການ

ຖ້າຍທອດເອເລັກຕຣອນ, ພະລັງງານອິດສະຫຼະທີ່ຖືກປົດປ່ອຍອອກມາສະຫວ່າງປະຕິກິລິຍາການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນຈະຖືກນຳໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະ ATP ໂດຍວິທີອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນ.

4. ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນ ແລະ ອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນ (Electron Transport and Oxidative phosphorylation)

ການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນ (cellular respiration) ປະກອບດ້ວຍຂະບວນການໄກໂກໄລຊີສ, ວົງຈອນແກຼບ ແລະ ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນ, ໃນໄກໂກໄລຊີສ ແລະ ວົງຈອນແກຼບນັ້ນຍັງບໍ່ມີກົາສອອກຊີເຈນ (O_2) ເຂົ້າມາກ່ຽວຂ້ອງ, ກົາສອອກຊີເຈນທີ່ຈຸລັງດູດເຂົ້າໄປຈະຊົມເຂົ້າສູ່ໄມໂທຄອນເດຼຍ ແລະ ເຮັດໜ້າທີ່ຮັບເອເລັກຕຣອນຈາກ NADH ແລະ $FADH_2$ ທີ່ຖ່າຍທອດຜ່ານຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນ.

ປະຕິກິລິຍາການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນຈາກ NADH ແລະ $FADH_2$ ໄປສູ່ O_2 ເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ປົດປ່ອຍພະລັງງານອິດສະຫຼະ (exergonic reaction) ອອກມາຫຼາຍເຖິງ 53 ກິໂລແຄລໍຣີ/ໂມນ, ເຊິ່ງຖ້າ NADH ແລະ $FADH_2$ ທຳປະຕິກິລິຍາກັບ O_2 ໂດຍກົງພະລັງງານທັງໝົດຈະຖືກປົດປ່ອຍອອກມາໃນຄາວດຽວກັນໃນຮູບຂອງຄວາມຮ້ອນ ແຕ່ສິ່ງມີຊີວິດໄດ້ສ້າງກົນໄກພາຍໃນໄມໂທຄອນເດຼຍເພື່ອອະນຸລັກພະລັງງານນີ້ໄວ້ໃນຮູບຂອງ ATP ໂດຍສ້າງລະບົບຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນໃນແມເບນຊັ້ນນອກຂອງໄມໂທຄອນເດຼຍ (mitochondria) ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍຕົວຮັບເອເລັກຕຣອນຈາກຕົວສົ່ງເອເລັກຕຣອນທີ່ມີຄ່າສັກຍຣິດອກຊິດຕາມລາດັບຈາກຕ່ຳຫາສູງ ເພື່ອເອເລັກຕຣອນຈາກ NADH ແລະ $FADH_2$ ແລະ ຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນເປັນຂັ້ນຕອນຈົນເຖິງ O_2 ເຊິ່ງມີຄ່າສັກຍຣິດອກຊິດສູງ (+0,82 ໂວນ) ຫຼື ມີຄ່າ electronegativity ຕ່ຳທີ່ສຸດ.

ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນເປັນຂັ້ນຕອນຍ່ອຍໆເຮັດໃຫ້ມີການປົດປ່ອຍພະລັງງານອິດສະຫຼະອອກມາເທື່ອລະໜ້ອຍ ແລະ ໄມໂທຄອນເດຼຍກໍນຳພະລັງງານນີ້ໄປໃຊ້ໃນການປັ່ນໂປຼຕອນ (H^+) ຈາກແມດຫຼີກຂ້າມແມເມເບນຊັ້ນໃນອອກໄປສະສົມໃນຊ່ອງວ່າງແມເມເບນ ເຊິ່ງເປັນແຫຼ່ງພະລັງງານເຊິ່ງຈະຖືກນຳໄປຜັກດ້ວຍການສັງເຄາະ ATP, ເມື່ອ H^+ ໄຫຼຈາກຊ່ອງລະຫວ່າງແມເມເບນກັບສູ່ແມັກຫຼີກຜ່ານເອັນໄຂ ATP synthase complex.

ການສັງເຄາະ ATP ທີ່ເກີດຄວບຄູ່ກັນການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນຈາກ NADH ແລະ $FADH_2$ ໄປສູ່ O_2 ເອີ້ນວ່າ: ອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນ (oxidative phosphorylation) ແລະ ກົນໄກການນຳພະລັງງານຈາກການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຣອນໄປໃຊ້ໃນການສັງເຄາະ ATP ໂດຍຜ່ານການສ້າງ proton gradient ເອີ້ນວ່າກົນໄກການຄວບຄູ່ແບບເຄມີອອສໂມຕິກ (chemiosmotic coupling mechanism)

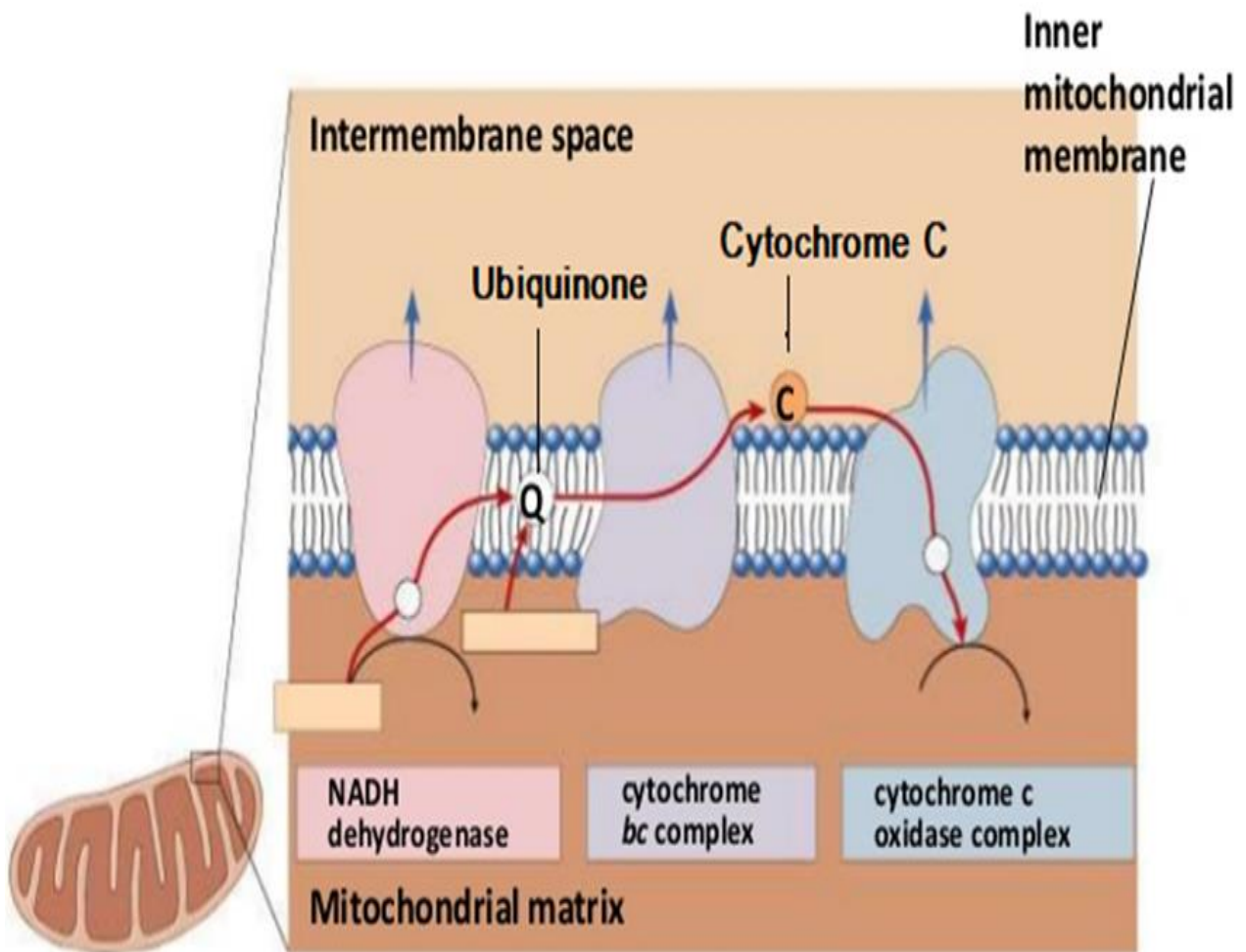
4.1. ທີ່ຕັ້ງ ແລະ ອົງປະກອບຂອງຕ່ອງໂສ້ຫາຍໃຈ

ໃນຈຸລັງຢູຄາຣີໂອດຈະພົບໂມເລກຸນຕ່າງໆທີ່ປະກອບເປັນຕ່ອງໂສ້ການຫາຍໃຈຫຼາຍໆຊຸດລຽງຕົວຢູ່ຕາມເຈ້ຍຫຸ້ມຊັ້ນໃນຂອງໄມໂທຄອນເດຣຍ, ໂມເລກຸນທີ່ປະກອບເປັນຕ່ອງໂສ້ການຫາຍໃຈທີ່ພົບໃນໄມໂທຄອນເດຣຍມີໂປຕິນສັບສົນ 3 ກຸ່ມທີ່ຝັງຕົວຢູ່ໃນເຈ້ຍຫຸ້ມຊັ້ນໃນຂອງໄມໂທຄອນເດຣຍໄດ້ແກ່:

- 1) NADH dehydrogenase complex ຫຼື Complex I.
- 2) Cytochrome b- c_1 complex ຫຼື Complex II.
- 3) Cytochrome oxidase complex ຫຼື Complex III.

ໂປຕິນສັບສົນແຕ່ລະຊະນິດປະກອບດ້ວຍໂຟລີເຟບໄທດ໌ຫຼາຍຊະນິດ ແລະ ໄອອອນຂອງໂລຫະຕ່າງໆ ເຊັ່ນ: Fe, S ແລະ Cu. ນອກນັ້ນຕ່ອງໂສ້ຫາຍໃຈໃນໄມໂທຄອນເດຣຍຍັງປະກອບໄປດ້ວຍໂມເລກຸນອີກ 2 ຊະນິດຄື: Ubiquinone ເຊິ່ງເປັນໂມເລກຸນຂະໜາດນ້ອຍ ແລະ ມີຄຸນສົມບັດໄຮໂດຼໂຟບິກສາມາດຮັບອີເລັກຕຣອນຈາກ NADH dehydrogenase complex ແລ້ວສົ່ງໃຫ້ Cytochrome b- c_1 complex ແລະ Cytochrome C ຮັບອີເລັກຕຣອນຈາກ Cytochrome b- c_1 complex ແລ້ວສົ່ງໃຫ້ Cytochrome oxidase complex

ໃນລະຫວ່າງການຮັບ - ສົ່ງອີເລັກຕຣອນໄປຕາມໂມເລກຸນຕ່າງໆຂອງຕ່ອງໂສ້ຫາຍໃຈໃນໄມໂຕຄອນເດຣຍ ຈະມີການຍູ້ ຫຼື ບໍ່ໄປຕອນຈາກ matrix ໄປສູ່ Intermembrane space ທີ່ໄປຕີນສັບສົມ 3 ກຸ່ມນີ້ດ້ວຍ



ຮູບ 3.7: ສະແດງທີ່ຕັ້ງ ແລະ ອົງປະກອບຂອງຕ່ອງໂສ້ຫາຍໃຈ

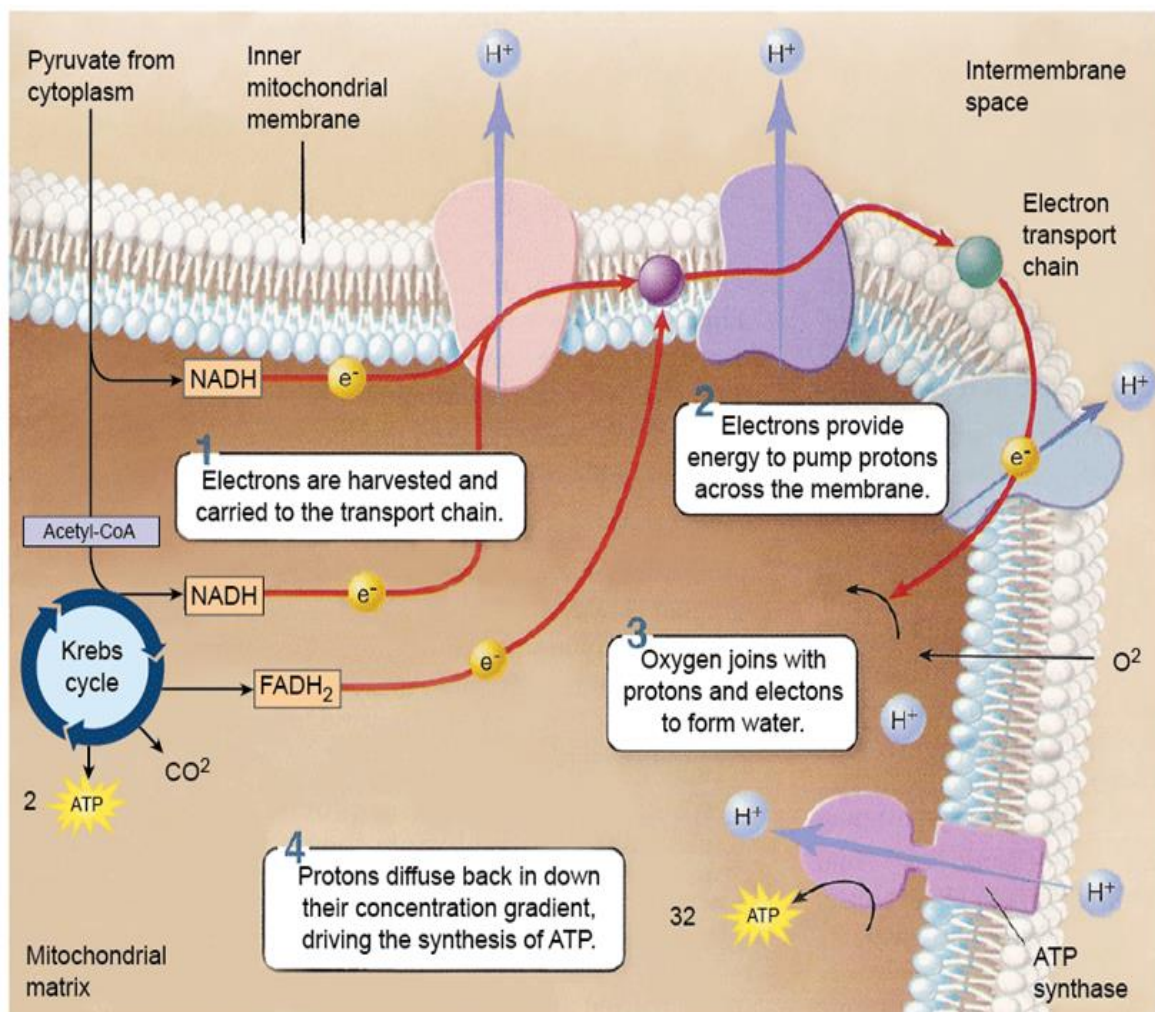
4.2. ຫຼັກການຮັບສົ່ງອີເລັກຕຣອນໃນຕ່ອງໂສ້ການຫາຍໃຈ

ອີເລັກຕຣອນໃນໂມເລກຸນຂອງ NADH ແລະ $FADH_2$ (ຮູບ 3.8) ຈະຖືກສົ່ງໄປຕາມຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນຕ່າງໆທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງຕ່ອງໂສ້ການຫາຍໃຈ ແລະ ລຽງຕົວຢູ່ຕາມເຈ້ຍຫຸ່ມຊັ້ນໃນຂອງໄມໂຕຄອນເດຣຍໂດຍອີກເລັກຕຣອນຈະສົ່ງໄປສູ່ຕົວຮັບທີ່ມີຄວາມສາມາດຮັບອີເລັກຕຣອນດີຂຶ້ນເລື້ອຍໆເປັນລຳດັບຄື:

ອີເລັກຕຣອນທີ່ມີພະລັງງານສູງໃນໂມເລກຸນຂອງ NADH ທີ່ເກີດຈາກ Glycolysis ຈະຖືກສົ່ງເຂົ້າມາໃນ matrix ແລະ NADH ທີ່ເກີດຈາກ Krebs Cycle, ອີເລັກຕຣອນນີ້ຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ NADH dehydrogenase complex ແລະ Ubiquinone ຈະມາຮັບອີເລັກຕຣອນຈາກ NADH dehydrogenase complex ນີ້ເພື່ອສົ່ງຕໍ່ໄປສູ່ Cytochrome b- c_1 complex, ຈາກນັ້ນ Cytochrome C ຈະມາຮັບອີເລັກຕຣອນຕໍ່ໄປເພື່ອສົ່ງໄປໃຫ້ Cytochrome oxidase complex ໂດຍມີ O_2 ເປັນຕົວຮັບອີເລັກຕຣອນສຸດທ້າຍ ແລະ ໄດ້ H_2O ເປັນຜະລິດຕະພັນ.

ການສົ່ງອີເລັກຕຣອນໄປສູ່ຕົວຮັບທີ່ມີຄວາມສາມາດຮັບອີເລັກຕຣອນດີຂຶ້ນເລື້ອຍໆນີ້ຈະໄດ້ພະລັງງານອອກມາ, ພະລັງງານນີ້ເອງຈະຖືກໃຊ້ໃນການຍູ້ໄປຕອນຈາກ matrix ຜ່ານເຈ້ຍຫຸ່ມຊັ້ນໃນໂດຍຜ່ານທາງໄປຕີນສັບສົມທັງ 3 ກຸ່ມໄປສູ່ Intermembrane space ຂອງໄມໂຕຄອນເດຣຍ ເຮັດໃຫ້ໃນຂະນະນັ້ນມີໄປຕອນສະສົມຢູ່ໃນ Intermembrane space ສູງ.

ໃນກໍລະນີການຖ່າຍທອດເອເລັກຕອນຈາກອີໄມເລກຸນຂອງ FADH_2 ນັ້ນຈະບໍ່ສາມາດສົ່ງອີເລັກຕອນໃຫ້ NADH dehydrogenase complex ເພາະ FADH_2 ມີຄວາມສາມາດຮັບອີເລັກຕອນໄດ້ດີກວ່າ, ດັ່ງນັ້ນການຖ່າຍທອດອີເລັກຕອນຈາກ FADH_2 ໄປສູ່ O_2 ຈະມີໂຄງສ້າງເຊິ່ງຊ້ອນອີກຊະນິດໜຶ່ງທີ່ເຂົ້າມາກ່ຽວຂ້ອງຄື succinate dehydrogenase complex ຫຼື Complex II FAD ເຊິ່ງເປັນອົງປະກອບໜຶ່ງຢູ່ໃນ Complex II ຈະຮັບເອເລັກຕອນຈາກ succinate ເຊິ່ງເປັນສານຕົວກາງໃນວົງຈອນແກຼບ ແລ້ວຖືກຮີດົວຊຸ້ເປັນ FADH_2 ຈາກນັ້ນ FADH_2 ຈະຖືກສົ່ງໄປໃຫ້ Ubiquinone ເພື່ອຖ່າຍທອດໄປສູ່ Cytochrome b- c_1 complex, Cytochrome C, Cytochrome oxidase complex ແລະ O_2 ຕາມລຳດັບ. ດັ່ງນັ້ນ ການສົ່ງອີເລັກຕອນຈາກ FADH_2 ຈຶ່ງມີການຢູ່ໂປຼຕອນຈາກ matrix ໄປສູ່ Intermembrane space ຂອງໄມໂຕຄອນເດຣຍຜ່ານໂປຼຕິນສັບສິນພຽງ 2 ກຸ່ມຄື: Cytochrome b- c_1 complex ແລະ Cytochrome oxidase complex



ຮູບ 3.8: ສະແດງວິທີ, ຂັ້ນຕອນ ແລະ ຫຼັກການຮັບສົ່ງອີເລັກຕອນໃນຕ່ອງໂສ້ການຫາຍໃຈ

4.3. ພະລັງງານທີ່ເກີດຂຶ້ນຈາກການຮັບສົ່ງອີເລັກຕອນໃນຕ່ອງໂສ້ການຫາຍໃຈ ຫຼື ອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນ (Oxidative Phosphorylation)

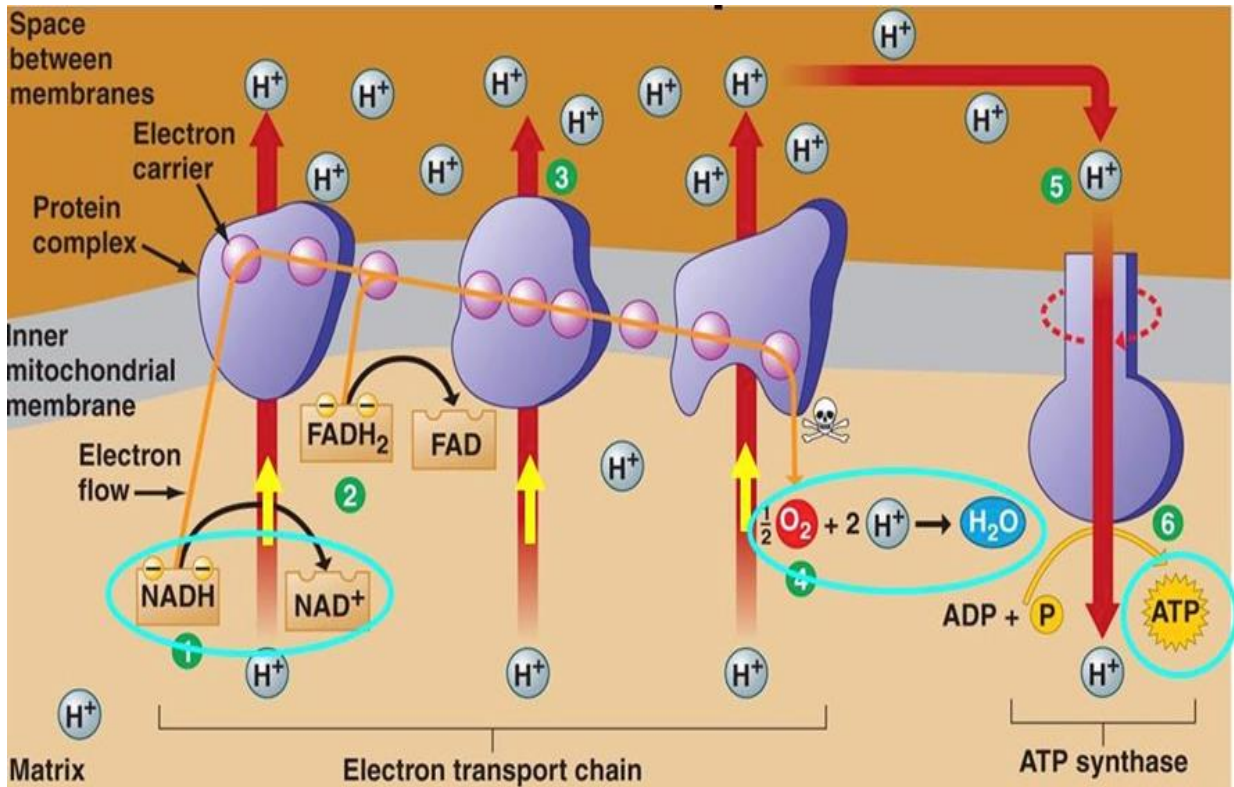
ປະຕິກິລິຍາການຖ່າຍທອດເອເລັກຕອນເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ປົດປ່ອຍພະລັງງານອິດສະຫຼະ, ພະລັງງານນີ້ຈະຖືກນຳໄປໃຊ້ປັ່ນໂປຼຕອນ (H^+) ຈາກດ້ານແມັດຫຼັກຂ້າມແມມເບຼນຊັ້ນໃນຂອງໄມໂຕຄອນເດຣຍອອກໄປສະສົມໃນຊ່ອງວ່າງແມມເບຼນ (Intermembrane space) (ຮູບ 3.9).

ມີຫຼັກການທົດລອງທີ່ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າເມື່ອເກີດການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຄ່າຄວາມເປັນກົດດ່າງ (pH) ໃນແມັກໂທຼກຈະເພີ່ມຂຶ້ນ (ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ H^+ ເພີ່ມຂຶ້ນ) ນອກຈາກນີ້ຜິວດ້ານໃນຂອງແມມເບຼນທີ່ສຳຜັດກັບແມັດໂທຼກຈະມີສັກຍໄຟຟ້າເປັນລົບຫຼາຍຂຶ້ນ, ໃນຂະນະທີ່ດ້ານນອກຂອງແມມເບຼນຈະມີສັກຍໄຟຟ້າເປັນບວກຫຼາຍຂຶ້ນ, ຄວາມແຕກຕ່າງຂອງສັກຍໄຟຟ້າເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຕ່າງພະລັງງານທ່າຕັ້ງຂອງໄຟຟ້າ ຫຼື Electrical potential ເຊິ່ງເປັນພະລັງງານທີ່ຕັ້ງ ຫຼື potential energy, ນອກນັ້ນໃນຂະນະທີ່ມີໂປຼຕອນສະສົມຢູ່ໃນ Intermembrane space ເຮັດໃຫ້ມີຄ່າ pH ຕ່ຳກວ່າ matrix ເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຕ່າງສັກຍຂອງເຄມີ ຫຼື Chemical potential, ຄວາມຕ່າງສັກຍຂອງໄຟຟ້າ ແລະ ຄວາມສັກຍຂອງເຄມີທີ່ເກີດຂຶ້ນອັນເນື່ອງມາຈາກຄວາມເຂັ້ມຂອງໂປຼຕອນ (H^+) ທີ່ແຕກຕ່າງກັນຮ່ວມກັບຄວາມຕ່າງສັກຍໄຟຟ້າຂອງແມມເບຼນເປັນພະລັງງານສັກຮູບແບບໜຶ່ງເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ ແຮງຂັບເຄື່ອນໂປຼຕອນ (Proton-motive force), ແຮງຂັບເຄື່ອນໂປຼຕອນນີ້ເປັນພະລັງງານທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ຜັກດັນ H^+ ໃຫ້ໄຫຼກັບສູ່ແມັດໂທຼກ, ແຕ່ເນື່ອງຈາກລິປິດໄບເລເຢຂອງແມມເບຼນບໍ່ຍອມໃຫ້ H^+ ຜ່ານ ສະນັ້ນ H^+ ຈຶ່ງຕ້ອງໄຫຼຜ່ານໂຄງສ້າງສັບຊ້ອນອີກຊະນິດໜຶ່ງຄື ATP synthase complex ຫຼື F_0-F_1 complex ຫຼື coupling factor. ການໄຫຼຂອງ H^+ ຈາກບໍລິເວນທີ່ມີ H^+ ທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມສູງຄືຈາກຊ່ອງວ່າງແມມເບຼນໄປສູ່ແມັດໂທຼກເຊິ່ງມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງ H^+ ຕ່ຳ ເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ປົດປ່ອນພະລັງງານ ແລະ ພະລັງງານນີ້ຈະຖືກນຳໄປໃຊ້ສັງເຄາະ ATP (ເຊິ່ງເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານ) ໂດຍກົດຈະກຳຂອງ ATP synthase complex. ກົນໄກການຄວບຄູ່ທາງພະລັງງານລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນກັບການສັງເຄາະ ATP ໂດຍມີແຮງຂັບເຄື່ອນໂປຼຕອນເປັນສື່ກາງນີ້ເອີ້ນວ່າ ກົນໄກການໄຫຼຄວບຄູ່ແບບເຄມີອອສໂມຊິສ (chemiosmosis coupling mechanism) ເຊິ່ງໃຊ້ອະທິບາຍການຄວບຄູ່ລະຫວ່າງການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ ແລະ ການສັງເຄາະ ATP ໃນຂະບວນການສັງເຄາະແສງໄດ້ໃນທຳນອງນີ້.

ມີຫຼັກຖານການທົດລອງຈຳນວນຫຼາຍທີ່ສະໜັບສະໜູນກົນໄກການຄວບຄູ່ເຄມີອອສໂມຕິກເຊັ່ນ: ການສະກັດໄມໂຕຄອນເດຼຍອອກຈາກເນື້ອເຍື່ອ ແລະ ວັດຄ່າ pH ທີ່ປ່ຽນແປງໄປ ແລະ ຄ່າຄວາມຕ່າງພະລັງງານທ່າຕັ້ງທີ່ມີຄ່າເປັນລົບຫຼາຍຂຶ້ນເມື່ອເກີດການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ, ການໃຊ້ສານຢັບຢັ້ງການຄວບຄູ່ (uncouplers) ເຊັ່ນ: dinitrophenol ໃສ່ລົງໃນສານລະລາຍທີ່ມີໄມໂຕຄອນເດຼຍຢູ່ພົບວ່າຈະຢັບຢັ້ງການສັງເຄາະ ATP ແຕ່ບໍ່ຢັບຢັ້ງການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ, ເຊິ່ງຈາກການສຶກສາພົບວ່າການຢັບຢັ້ງສານຄວບຄູ່ເປັນສານທີ່ມີຄຸນສົມບັດເຮັດໃຫ້ແມມເບຼນຮົ່ວ ຫຼື ເປັນຕົວພາ H^+ ຈາກຊ່ອງວ່າງລະຫວ່າງແມມເບຼນກັບເຂົ້າສູ່ແມັດໂທຼກໂດຍບໍ່ຜ່ານ ATP synthase complex ເຮັດໃຫ້ຄ່າແຮງຂັບເຄື່ອນໂປຼຕອນມີຄ່າຫຼຸດລົງຈົນບໍ່ສາມາດຜັກດັນໃຫ້ເກີດການສັງເຄາະ ATP ໄດ້. ການໃຊ້ສານເຄມີອີກຈາພວກໜຶ່ງເຊິ່ງຢັບຢັ້ງກົດຈະກຳຂອງເອັນໄຊ ATP synthase complex ໂດຍກົງເຊັ່ນ: oligomycin ພົບວ່າເກີດການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຕາມປົກກະຕິ ແລະ ເກີດການສະສົມ H^+ ໃນຊ່ອງວ່າງລະຫວ່າງແມມເບຼນເຮັດໃຫ້ເກີດແຮງຂັບເຄື່ອນໂປຼຕອນເຊິ່ງມີຄ່າສູງຂຶ້ນຕະຫຼອດເວລາ ເພາະ H^+ ບໍ່ສາມາດໄຫຼກັບເຂົ້າສູ່ແມັດໂທຼກໄດ້ ເນື່ອງຈາກສານ oligomycin ຢັບຢັ້ງການເຮັດວຽກຂອງ ATP synthase complex

ຖົງແມ່ນວ່າຈະມີຫຼັກຖານຈຳນວນຫຼາຍທີ່ສະໜັບສະໜູນກົນໄກການສັງເຄາະ ATP ໂດຍວິທີເຄມີອອສໂມຕິກ ແຕ່ກໍຍັງມີລາຍລະອຽດອີກຫຼາຍຂໍ້ທີ່ນັກວິທະຍາສາດທີ່ຍັງບໍ່ເຂົ້າໃຈຢ່າງຊັດເຈນ ແລະ ຍັງມີການສຶກສາວິໄຈກັນຢູ່ເຊັ່ນ: ກົນໄກລະດັບໄມເລກຸນຂອງກນຂົນສົ່ງ H^+ ຈາກແມັດໂທຼກອອກສູ່ຊ່ອງວ່າງແມມເບຼນທີ່ເກີດຂຶ້ນພ້ອມໆກັບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ ຕຳແໜ່ງທີ່ເກີດການປັ່ນ H^+ ກໍຍັງບໍ່ຮູ້ຢ່າງຊັດເຈນ, ນັກວິທະຍາສາດບາງກຸ່ມເຊື່ອວ່າການປັ່ນໂປຼຕອນເກີດຈາກການເຮັດວຽກຂອງ Complex I ໂດຍເອັນໄຊຄິວ ແລະ Complex III, ນັກວິທະຍາສາດບາງກຸ່ມເຊື່ອວ່າເກີດຈາກການເຮັດວຽກຂອງ Complex I, Complex III ແລະ Complex IV, ອີກເລື່ອງໜຶ່ງທີ່ນັກວິທະຍາສາດຍັງຄົງສຶກສາວິໄຈກັນຢູ່ຄື ກົນໄກລະດັບໄມເລກຸນຂອງການເຮັດວຽກຂອງ ATP synthase complex ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນເມື່ອມີ H^+ ໄຫຼຜ່ານຈາກຊ່ອງວ່າງແມມເບຼນກັບເຂົ້າສູ່ແມັດໂທຼກ

ເປັນທີ່ຍອມຮັບວ່າ ຈຳນວນ ATP ທີ່ສ້າງເຄາະໄດ້ຄື 3 ໂມເລກູນຂອງ ATP ຕໍ່ການເຄື່ອນທີ່ຂອງເອເລັກຕຽນໜຶ່ງຄູ່ຈາກ NADH 1 ໂມເລກູນຜ່ານ Complex I, III ແລະ IV ໄປສູ່ $\frac{1}{2} \text{O}_2$ ແລະ 2 ໂມເລກູນຂອງ ATP ຕໍ່ການເຄື່ອນທີ່ຂອງເອເລັກຕຽນ 1 ຄູ່ຈາກ FADH_2 1 ໂມເລກູນຜ່ານ Complex II, III ແລະ IV ໄປສູ່ $\frac{1}{2} \text{O}_2$

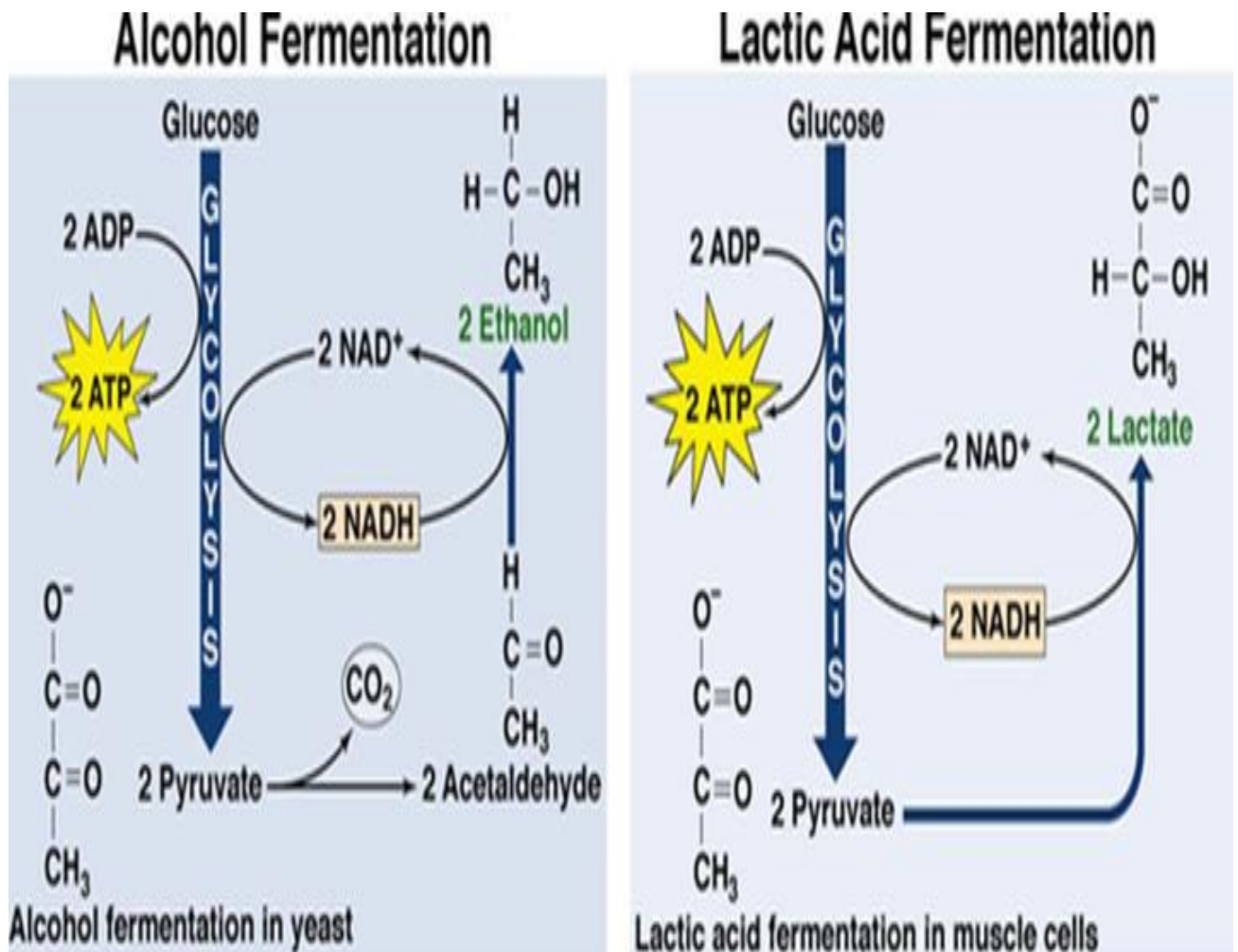


ຮູບ 3.9. ສະແດງພະລັງງານທີ່ເກີດຂຶ້ນຈາກການຮັບສິ່ງອີເລັກຕຽນໃນຕ່ອງໂສງການຫາຍໃຈ ຫຼື ອອກຊີເດທິບຟອສໂຟຣີເລຊັນ (Oxidative Phosphorylation)

2. ການຫາຍໃຈແບບບໍ່ໃຊ້ອົກຊີແຊນ (anaerobic respiration ຫຼື fermentation)

ໃນການອອກຊີໄດຊ໌ກຸຍໂກສໂດຍຂະບວນການ glycolysis ນັ້ນທາດຕົວສຸດທ້າຍທີ່ໄດ້ຈາກປະຕິກິລິຍາຄື pyruvic acid ເຊິ່ງໃນສະພາບທີ່ມີອົກຊີແຊນພຽງພໍມັນຈະຖືກປ່ຽນເປັນ acetyl CoA ເພື່ອເຂົ້າສູ່ວົງຈອນແກຼບ, ແຕ່ຖ້າບໍ່ມີອົກຊີແຊນ pyruvic acid ຈະປ່ຽນໄປເປັນແອວກໍຮໍ (alcohol).

ການຫາຍໃຈແບບບໍ່ໃຊ້ອົກຊີແຊນເລີ່ມຈາກການທີ່ກຸຍໂກສຖືກອອກຊີໄດຊ໌ ໄປເປັນ pyruvic acid ໂດຍ glycolysis, pyruvic acid ທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະຖືກປ່ຽນ (decarboxylase) ຕໍ່ໄປເປັນ acetaldehyde ໂດຍເອັນໄຊ pyruvic acid decarboxylase, ຈາກນັ້ນ acetaldehyde ຈະຖືກຣີດິວຊ໌ໂດຍ NADH ກາຍເປັນ ethanol ໂດຍອາໃສເອັນໄຊ alcohol dehydrogenase, ດັ່ງນັ້ນ NADH ທີ່ໄດ້ຈາກໄກໂຄໄລຊິສຖືກນຳມາໃຊ້ໃນການສ້າງ alcohol ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ປະຈິກິລິຍາການຫາຍໃຈແບບບໍ່ໃຊ້ອົກຊີແຊນຈະບໍ່ມີ NADH ເກີດຂຶ້ນ, ສະນັ້ນການປະສິດທິພາບຂອງການຫາຍໃຈແບບບໍ່ໃຊ້ອົກຊີແຊນຈະຕ່ຳກວ່າການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອົກຊີແຊນເນື່ອງຈາກມີການສ້າງ ATP ພຽງ 2 ໂມເລກູນ (ໃນໄກໂຄໄລຊິສ) ດັ່ງຮູບດ້ານລຸ່ມນີ້:



ຮູບ 3.10: ສະແດງ Pyruvate ຫຼື pyruvic acid ຖືກປ່ຽນແປງໄປໃນຂະບວນການໝັກ (Fermentation)

III. ປະລິມານ ATP ທີ່ສ້າງເຄາະໄດ້ທັງໝົດໃນການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນ

ເມື່ອຈຸລັງດໍາເນີນການອອກຊີໄດຊ໌ຄລອໄສ 1 ໂມເລກຸນຢ່າງສົມບູນຜ່ານຂະບວນການໄກໂກໄລຊິສ, ວົງຈອນແກຼບ ແລະ ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ ເຊິ່ງສາມາດຂຽນເປັນປະຕິກິລິຍາລວມໄດ້ດັ່ງນີ້:

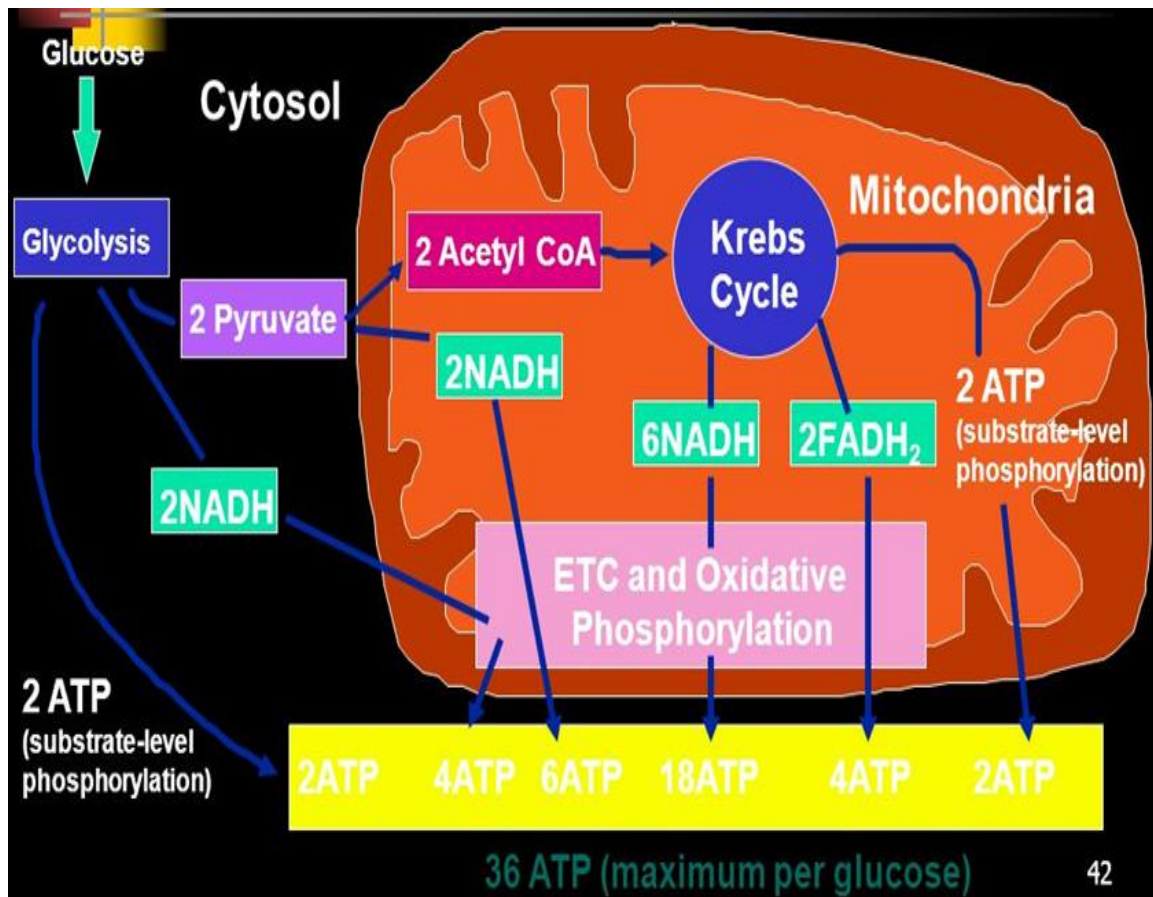


ພະລັງງານຈໍານວນໜຶ່ງຈະຖືກອະນຸລັກໄວ້ໃນໂມເລກຸນຂອງ ATP ໂດຍວິທີການ 2 ຢ່າງຄື substrate-level phosphorylation ກັບ Oxidative Phosphorylation, ໃນໄກໂກໄລຊິສເກີດການສ້າງເຄາະ ATP ສຸດທິໂດຍໃຊ້ວິທີ substrate-level phosphorylation 2 ໂມເລກຸນ, ໃນວົງຈອນແກຼບມີການສ້າງເຄາະ ATP ໂດຍໃຊ້ວິທີ substrate-level phosphorylation 2 ໂມເລກຸນລວມເປັນ 4 ໂມເລກຸນ (ຮູບ 3.10)

ການສ້າງເຄາະ ATP ໂດຍວິທີ substrate-level phosphorylation ເກີດຄວບຄູ່ກັບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH ແລະ FADH₂ ທີ່ສ້າງເຄາະຂຶ້ນພາຍໃນໄມໂຕຄອນເດຼຍທັງໝົດ 10 ໂມເລກຸນຄື: NADH 2 ໂມເລກຸນຈາກປະຕິກິລິຍາອອກຊີເດຊັນຂອງໄຟຣູເວດ, NADH 6 ໂມເລກຸນຈາກວົງຈອນແກຼບ ແລະ FADH₂ 2 ໂມເລກຸນຈາກວົງຈອນແກຼບຈະໄດ້ຜິນຜະລິດເປັນ ATP ຈໍານວນ $(2 \times 3) + (6 \times 3) + (2 \times 2) = 28$ ໂມເລກຸນ.

ສໍາລັບ NADH 2 ໂມເລກຸນທີ່ເປັນຜົນຜະລິດຈາກໄກໂກໄລຊີສ ເຊິ່ງເກີດພາຍໃນໄຊໂທພລາສຊິມນັ້ນບໍ່ສາມາດຊຶມຜ່ານແມມເບຼນຊັ້ນໃນຂອງໄມໂຕຄອນເດຼຍ, NADH ຈະສົ່ງເອເລັກຕຽນໃຫ້ແກ່ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນໄດ້ ໂດຍຜ່ານລະບົບກະສວຍ (shuttle system) ໂດຍ NADH ທີ່ຢູ່ໃນໄຊໂທພລາສຊິມຈະທາປະຕິກິລິຍາກັບ oxaloacetate ໂດຍໃຫ້ເອເລັກຕຽນແກ່ oxaloacetate ເຮັດໃຫ້ oxaloacetate ຖືກຮີດົວເປັນ malate ເຊິ່ງຈະຊຶມເຂົ້າສູ່ແມັດທູກພາຍໃນໄມໂຕຄອນເດຼຍແລ້ວໃຫ້ເອເລັກຕຽນແກ່ NAD^+ ຈຶ່ງຖືກຮີດົວຊື້ເປັນ NADH ເຊິ່ງຈະຊ່ວຍຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຕໍ່ໄປໃຫ້ກັບຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ ເຊິ່ງຈະສົ່ງຜົນໃຫ້ເກີດ ATP 3 ໂມເລກຸນ ລະບົບກະສວຍແບບນີ້ເອີ້ນວ່າ: ລະບົບກະສວຍມາເລດ (malate shuttle). ມີລະບົບກະສວຍອີກແບບໜຶ່ງເອີ້ນວ່າ: ລະບົບກະສວຍກລີເຊຣອລຟອສເຟດ (glycerol phosphate shuttle) ເຊິ່ງ NADH ໃນໄຊໂທພລາສຊິມຈະໃຫ້ອີເລັກຕຽນແກ່ dihydroxyacetone phosphate (DHAP) ເຮັດໃຫ້ DHAP ຖືກຮີດົວຊື້ເປັນ glycerol phosphate ເຊິ່ງຈະຊຶມເຂົ້າສູ່ແມັດທູກ ເພື່ອນໍາເອເລັກຕຽນໄປໃຫ້ແກ່ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ ໂດຍ glycerol phosphate ຈະໃຫ້ເອເລັກຕຽນແກ່ FAD ເຮັດໃຫ້ FAD ປ່ຽນເປັນ FADH_2 ເຊິ່ງຈະໃຫ້ເອເລັກຕຽນແກ່ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນ ແລະ ເມື່ອເກີດອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນຈະໃຫ້ຜົນຜະລິດເປັນ ATP ພຽງ 2 ໂມເລກຸນ. ໄມໂຕຄອນເດຼຍຂອງພືດມີລັກສະນະພິເສດເພີ່ມເຕີມຂຶ້ນມາຄື NADH ຈາກໄກໂກໄລຊີສໃນໄຊໂທພລາສຊິມສາມາດສົ່ງເອເລັກຕຽນໄປໃຫ້ຕ່ອງໂສ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນໄດ້ໂດຍກົງໂດຍບໍ່ຕ້ອງໃຊ້ລະບົບກະສວຍ, ໂດຍໄມໂຕຄອນເດຼຍຂອງພືດຈະສ້າງເອັນໄຊ NADH dehydrogenase ຂຶ້ນມາອີກຊະນິດໜຶ່ງເອີ້ນວ່າ exogenous NADH dehydrogenase complex ເຊິ່ງແຕກຕ່າງໄປຈາກ Complex I, ເອັນໄຊນີ້ຢູ່ຕິວຢູ່ໃນແມມເບຼນຊັ້ນໃນຂອງໄມໂຕຄອນເດຼຍດ້ານທີ່ສຳຜັດກັບຊ່ອງວ່າງລະຫວ່າງແມມເບຼນ, ເອັນໄຊນີ້ສາມາດຄະຕະໄລຊ້ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH ເຊິ່ງຊຶມເຂົ້າມາຈາກໄຊໂທພລາສຊິມເຂົ້າມາລະລາຍຢູ່ໃນຊ່ອງວ່າງລະຫວ່າງແມມເບຼນ ຫຼັງຈາກນັ້ນຈະສົ່ງເອເລັກຕຽນໃຫ້ແກ່ໂຄເອັນໄຊຄິວ ເຊິ່ງຈະສົ່ງເອເລັກຕຽນຕໍ່ໃຫ້ Complex III ແລະ IV, ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນໂດຍລະບົບນີ້ຈະສົ່ງຜົນໃຫ້ມີການຜະລິດ ATP ພຽງ 2 ໂມເລກຸນຈາກ NADH 1 ໂມເລກຸນ.

ດັ່ງນັ້ນຈຳນວນ ATP ທີ່ຜະລິດໄດ້ຕໍ່ການອອກຊີໂດຊ໌ຄລູໂຄສ 1 ໂມເລກຸນ ຈຶ່ງເປັນ 4 ໂມເລກຸນຈາກຊັບສະເຕດເລເວລຟອສໄຟຣີເລຊັນລວມກັບ 28 ໂມເລກຸນຈາກອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນທີ່ຄວບຄູ່ກັບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH ແລະ FADH_2 ທີ່ເປັນຜົນຈາກຮີເລຊັນທີ່ເປັນຜົນຄວບຄູ່ກັບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH ແລະ FADH_2 ທີ່ເປັນຜົນຈາກປະຕິກິລິຍາອອກຊີເດຊັນຂອງໄຟຣູເວດ ແລະ ວົງຈອນແຄຼບ ລວມກັບ 4 ຫຼື 6 ໂມເລກຸນຈາກອອກຊີເດທິບຟອສໄຟຣີເລຊັນທີ່ເກີດຄວບຄູ່ກັບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH 2 ໂມເລກຸນທີ່ເປັນຜົນຜະລິດຂອງໄກໂກໄລຊີສລວມເປັນ 36 ຫຼື 38 ໂມເລກຸນ ATP



ຮູບ 3.11. ສະແດງປະລິມານ ATP ທັງໝົດທີ່ໄດ້ຈາກຂະບວນການຫາຍໃຈຂອງພຶດຈາກ Glucose 1 ໂມເລກຸນ

ໃນສິ່ງມີຊີວິດທຸກຊະນິດການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນຈະຖືກຢັບຢັ້ງຢາງຮຸນແຮງໂດຍໄຊຍາໄນດ໌ (CN⁻), ໄຊຍາໄນຈຶ່ງເປັນສານມີພິດເຊິ່ງມີອັນຕະລາຍເຖິງແກ່ຊີວິດສາລັບສັດ ໂດຍໄຊຍາໄນຈະໄປຢັບຢັ້ງການເຮັດວຽກຂອງ Cytochrom c oxidase ຫຼື Complex IV ເຮັດໃຫ້ການຫາຍໃຈຢຸດຊະກັກ. ສໍາລັບພຶດພົບວ່າແພຈຸລັງຂອງພຶດຫຼາຍຊະນິດສາມາດທົນທານຕໍ່ໄຊຍາໄນດ໌ໄດ້, ຈາກການສຶກສາພົບວ່າ Complex IV ຂອງໄມໂຕຄອນເດຍຂອງພຶດກໍ່ຖືກຢັບຢັ້ງດ້ວຍໄຊຍາໄນເຊັ່ນດຽວກັນ ແຕ່ໄມໂຕຄອນເດຍຂອງພຶດມີລະບົບເອັນໄຊເພີ່ມເຕີມຂຶ້ນມາອີກລະບົບໜຶ່ງເອີ້ນວ່າ ອັລເທີເນທິບອອກຊີເດສ (alternative oxidase) ເຊິ່ງສາມາດຄະຕະໄລການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກໂຄເອັນໄຊຄົວໄປໃຫ້ O₂ ໂດຍບໍ່ຖືກຢັບຢັ້ງໂດຍໄຊຍາໄນ. ການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH ຜ່ານລະບົບການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຕາມປົກກະຕິຄື: Complex I → CoQ → Complex III → Cyt c → Complex IV → O₂ ຈະຖືກຢັບຢັ້ງແຕ່ໄມໂຕຄອນເດຍຈະໃຊ້ອີກວິທີໜຶ່ງແທນຄື NADH → Complex I → CoQ → alternative oxidase → O₂ ພຶດຈຶ່ງຍັງຄົງສາມາດຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນຕໍ່ໄປໄດ້ ເຖິງແມ່ນວ່າສາມາດສ້າງ APT ໄດ້ໜ້ອຍລົງຄືສ້າງໄດ້ພຽງ 1 ໂມເລກຸນຕໍ່ 1 ໂມເລກຸນຂອງ NADH. ເຖິງແມ່ນວ່ານັກວິທະຍາສາດຈະຄົ້ນພົບ alternative oxidase ຂອງພຶດຕັ້ງແຕ່ 20 ປີທີ່ແລ້ວ ແຕ່ຍັງພະຍາຍາມສຶກສາວິໄຈເຖິງກົນໄກການເຮັດວຽກຂອງເອັນໄຊນີ້ ແລະ ຍັງບໍ່ທັນແນ່ໃຈໃນບົດບາດໜ້າທີ່ຕາມທໍາມະຊາດຂອງ alternative oxidase, ຈາກການສຶກສາພົບກົດຈະກາຂອງຂອງເອັນໄຊ alternative oxidase ສູງຫຼາຍໃນແພຈຸລັງພຶດໃນຊ່ວຍດອກພຶດຕະກຸນໜ້າຈິງ ເຊິ່ງມີຄວາມສໍາພັນກັບອຸນຫະພູມຂອງຊ່ວຍດອກທີ່ສູງຂຶ້ນກ່ອນການຖ່າຍລະອອດເກສອນເຮັດໃຫ້ເຊື່ອວ່າໃນແພຈຸລັງນີ້ການຫາຍໃຈໂດຍໃຊ້ alternative oxidase ອາດເກີດຂຶ້ນພຽງສ້າງຄວາມຮ້ອນໃຫ້ແກ່ຈຸລັງພຶດ (thermogenesis) ເນື່ອງຈາກພະລັງງານອິດສະຫຼະທີ່ປົດປ່ອຍອອກຈາກປະຕິກິລິຍາການຖ່າຍທອດເອເລັກຕຽນຈາກ NADH ໄປຍັງ O₂ ຖືກອະນຸລັກໄວ້ໃນ ATP ພຽງ 1 ໂມເລກຸນແທນທີ່ຈະເປັນ 3 ໂມເລກຸນ

ເມື່ອໃຊ້ວິທີປົກກະຕິ, ພະລັງງານທີ່ເຫຼືອຈຶ່ງສູນເສຍອອກໄປໃນຮູບຂອງຄວາມຮ້ອນ, ເຊິ່ງຄວາມຮ້ອນທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະຊ່ວຍເລັ່ງການລະເຫີຍຂອງສານລະເຫີຍພາຍໃນຊ່ວຍເລັ່ງແມ່ງໄມ້ໃຫ້ມາປະສົມເກສອນ. ສົມມຸດຖານອີກຢ່າງໜຶ່ງທີ່ພະຍາຍາມອະທິບາຍໜ້າທີ່ຕາມທຳມະຊາດຂອງ alternative oxidase ຄືອາດເຮັດໜ້າທີ່ເຜົາຜານອາຫານໃນສະພາບທີ່ແພຈຸລັງມີຄາໂບໄຮເຄຼດຫຼາຍເກີນພໍ (energy overflow hypothesis).

ຕາຕະລາງ 3.1. ຈຳນວນ ATP ທີ່ໄດ້ຈາກການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນ

ລຳດັບ	ຂັ້ນຕອນການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນ	ຜົນຜະລິດທີ່ໄດ້ໃນຂັ້ນຕອນການຫາຍໃຈແບບໃຊ້ອອກຊີເຈນ	ATP ທີ່ເກີດຂຶ້ນ
1	Glycolysis Substrate-level phosphorylation Reduction of NAD ⁺	2 NADH⁺	2 ATP
2	Acetyl CoA formation (x2) Reduction of NAD ⁺	2 NADH⁺	
3	Krebs cycle (x2) Substrate-level phosphorylation Reduction of NAD ⁺ Reduction of FAD	6 NADH⁺ 2 FADH₂	2 ATP
4	Electron transport Oxidative phosphorylation Oxidation of 10 NADH Oxidation of 22 FADH ₂		30 ATP 4 ATP
		ລວມ	38 ATP
	ລົບພະລັງງານທີ່ໃຊ້ໃນການເຄື່ອນຍ້າຍ NADH ທີ່ເກີດຈາກ glycolysis ເຊິ່ງຢູ່ໃນໄຊໂຕພລາສຊິມຜ່ານເຈ້ຍຫຸ້ມໄມໂທຄອນເຄຼຍໂດຍ active transport		-2 ATP
		ລວມ	36 ATP

IV. ປັດໃຈທີ່ຄວບຄຸມການຫາຍໃຈ

1. ການມີສານເລີ່ມຕົ້ນ

ເນື່ອງຈາກຂະບວນການຫາຍໃຈເປັນຂະບວນການທີ່ໃຊ້ອາຫານສະສົມ, ດັ່ງນັ້ນພຶດຕິໜ້າທີ່ຂາດອາຫານເຊັ່ນ: ແປງສະສົມໜ້ອຍ ຫຼື ຂາດອາຫານເລີ່ມຕົ້ນຊະນິດອື່ນຈະຫາຍໃຈຊ້າ. ເມື່ອໃຫ້ນ້ຳຕານກັບພຶດຕິໜ້າທີ່ນີ້ຈະເພີ່ມຂະບວນການຫາຍໃຈຂຶ້ນທັນທີ, ໃບລຸ່ມທີ່ໄດ້ຮັບແສງໜ້ອຍຈະມີອັດຕາການຫາຍໃຈຕໍ່າກວ່າໃບຍອດທີ່ໄດ້ຮັບແສງເຕັມທີ່ ເຊິ່ງອາດຈະເກີດຈາກໃບລຸ່ມສັງເກດແສງໄດ້ໜ້ອຍຈຶ່ງມີນ້ຳຕານສະສົມໜ້ອຍ. ຖ້າການຂາດອາຫານຂອງພຶດຕິໜ້າທີ່ນີ້ເນີນຕໍ່ໄປໂປຼຕິນຈະຖືກອອກຊີໄດຊ໌ໂດຍເລີ່ມຈາກການໄຮໂດຣໄລຊ໌ໂປຼຕິນເປັນກົດອາມິໂນແລ້ວຈຶ່ງເຂົ້າສູ່ຂະບວນການຫາຍໃຈ, ໃນກໍລະນີຂອງ Glutamic ແລະ Aspartic acid ຈະປ່ຽນເປັນ α-Ketoglutaric ແລະ Oxalo-acetic-acid ຕາມລຳດັບ, Alanine ຈະຖືກອອກຊີໄດຊ໌ເປັນກົດໄພຣູວິກ

2. ການປະກົດຂອງ O₂

ການໄດ້ຮັບ O₂ ຈະມີອິດທິພົນຕໍ່ການຫາຍໃຈ ເຊິ່ງຈະຕ່າງກັນໄປຕາມຊະນິດ ແລະ ອະໄວຍະວະຂອງພຶດ, ຄວາມຜັນແປຂອງ O₂ ໃນອາກາດປົກກະຕິຈະມີອິດທິພົນຕໍ່ການຫາຍໃຈໜ້ອຍທີ່ສຸດ, ຍິ່ງໄປກວ່ານັ້ນອັດຕາການຊົມຂອງ O₂ ເຂົ້າສູ່ໄມໂຕຄອນເຄຼຍກໍ່ນັບວ່າພໍພຽງຕໍ່ການຫາຍໃຈ, ຮາກຂອງເຂົ້າຈຶ່ງຈະເລີນເຕີບໂຕຢູ່ໃນນ້ຳໄດ້

ປັບຕົວໃຫ້ເຂົ້າກັບສະພາບການຂາດ O_2 ໂດຍສ້າງຮາກທີ່ມີຊ່ອງຫວ່າງລະຫວ່າງຈຸລັງໃຫຍ່, ຮາກຈະໄດ້ຮັບ O_2 ມາທາງໃບ ແລະ ເກັບ O_2 ໄວ້ໃນຊ່ອງຫວ່າງຂອງຈຸລັງ. ຖ້າບໍ່ມີ O_2 ໃນບັນຍາກາດເລີຍມີແຕ່ກຳກັດໃນໂຕເຈນ ອັດຕາການຫາຍໃຈຈະບໍ່ເທົ່າກັບສູນ ແລະ ໃນບາງຄັ້ງອາດຈະເພີ່ມຂຶ້ນໄດ້ ປະກົດການນີ້ເອີ້ນວ່າ Pasteur Effect ເຊິ່ງການເພີ່ມອັດຕາການຫາຍໃຈດັ່ງກ່າວເປັນຜົນຈາກເມື່ອປະລິມານ O_2 ຕ່ຳຫຼາຍຈະບໍ່ລົບກວນຂະບວນການ Glycolysis, ເຮັດໃຫ້ຂະບວນການ Glycolysis ເກີດໂດຍບໍ່ມີ O_2 ນັ້ນຄືເກີດການສະສົມເອຕາໂນນ, ການລະງັບ Glycolysis ຂອງ O_2 ເກີດຈາກເອັນໄຊ Phosphofructokinase ເຊິ່ງຈະມີກົດຈະກຳຫຼາຍຂຶ້ນເມື່ອຈຸລັງຂາດ O_2

3. **ອຸນຫະພູມ**, ພຶດສ່ວນໃຫຍ່ມີ Q_{10} ຂອງການຫາຍໃຈລະຫວ່າງ 5-25 ອົງສາເຊ, ແຕ່ການເພີ່ມອັດຕາການຫາຍໃຈຈະຫຼຸດລົງເມື່ອອຸນຫະພູມສູງເຖິງ 30 ອົງສາເຊ ແລະ ອັດຕາການຫາຍໃຈຈະຫຼຸດລົງເມື່ອອຸນຫະພູມສູງເກີນ 40 ອົງສາເຊ ເພາະເອັນໄຊເລີ່ມໝົດສະພາບ

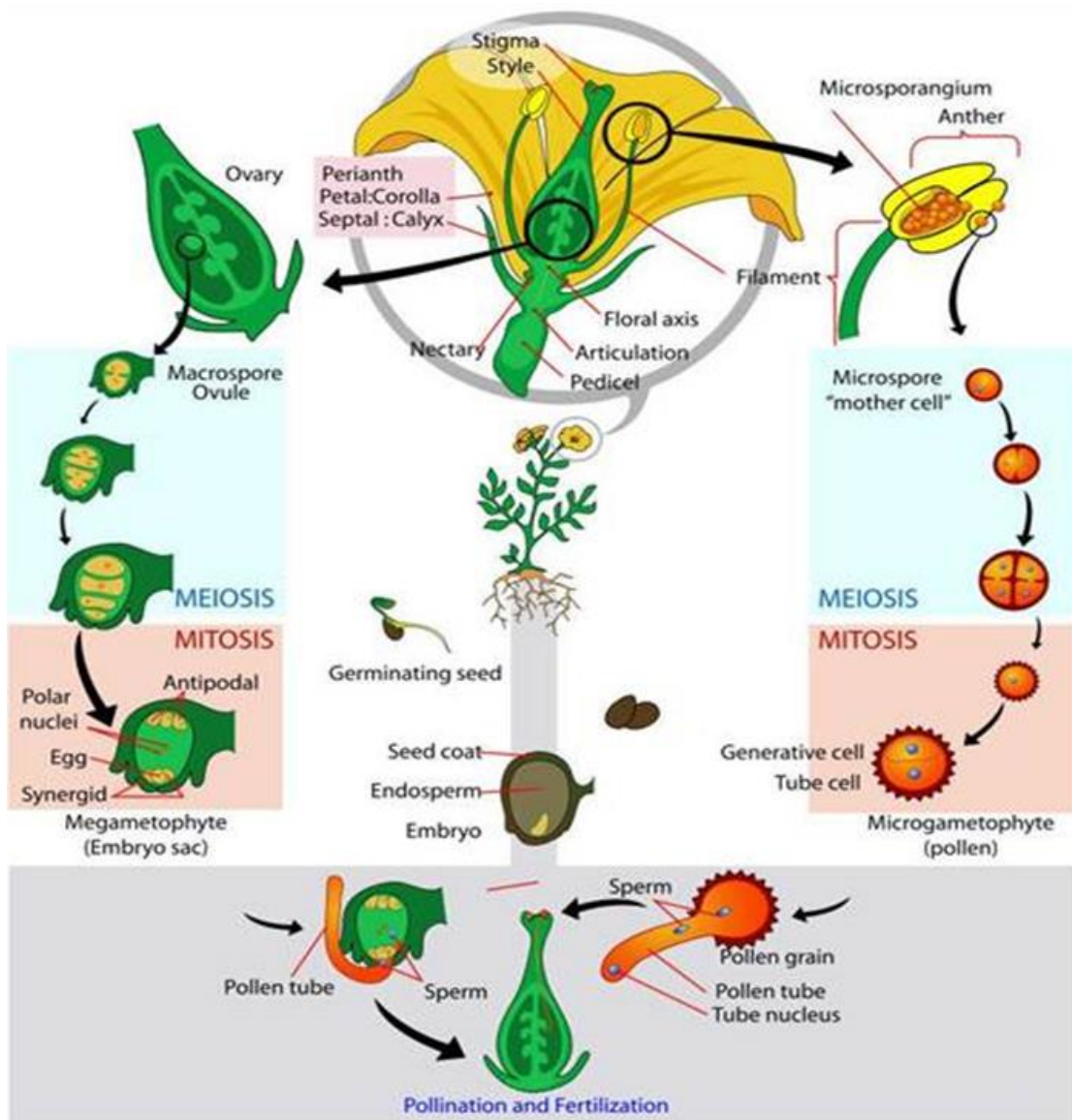
4. **ຊະນິດ ແລະ ອາຍຸຂອງພຶດ**, ເນື່ອງຈາກພຶດມີລັກສະນະທາງສັນຖານວິທະຍາຕ່າງກັນຫຼາຍຈຶ່ງມີຂະບວນການ Metabolism ທີ່ຕ່າງກັນດ້ວຍ ແລະ ອະໄວຍະວະທີ່ຕ່າງກັນຂອງພຶດຊະນິດດຽວກັນກໍ່ມີອັດຕາການຫາຍໃຈທີ່ຕ່າງກັນ, ສ່ວນຂອງພຶດທີ່ກຳລັງຈະເລີນເຕີບໂຕມີປະລິມານ Protoplasm ຫຼາຍຈະມີອັດຕາການຫາຍໃຈສູງເມື່ອໃຊ້ນ້ຳໜັກແທ້ງປັນພື້ນຖານ. ອາຍຸຂອງພຶດໄດ້ແກ່ພື້ນຖານອາຍຸນ້ອຍເຊັ່ນ: ຕົ້ນອ່ອນທີ່ງອກຈາກເມັດໃໝ່ໆ ຫຼື ໝາອ່ອນທີ່ກຳລັງຕິດຈະມີອັດຕາການຫາຍໃຈສູງກວ່າສ່ວນພຶດທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕເຕັມທີ່ແລ້ວ.

ບົດທີ 4

ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງພຶດ

I. ຮູບແບບ, ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງພຶດ

ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງພືດ ເປັນຂະບວນການທີ່ສໍາຄັນຕໍ່ການດໍາລົງຊີວິດ ແລະ ການຂະຫຍາຍພັນຂອງພືດ, ໃນພືດຂັ້ນສູງຂະບວນການດັ່ງກ່າວສັງເກດໄດ້ຕັ້ງແຕ່ການພັດທະນາໄຊໂກດເປັນເອມບຼີ ໂອ, ເມັດງອກ ແລະ ການປ່ຽນແປງທາງສາລິລະວິທະຍາ, ສັນຖານວິທະຍາ ແລະ ຊີວະເຄມີ ຢ່າງຈໍເນື່ອງ ແລະ ເປັນລໍາດັບ, ການປ່ຽນແປງນີ້ເກີດຂຶ້ນໄດ້ຕັ້ງແຕ່ລະດັບຈຸລັງ ແລະ ສິ່ງຜົນໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງລະດັບແພຈຸລັງ, ອະໄວຍະວະສ່ວນປະກອບຕ່າງໆຂອງພືດເພື່ອເກີດເປັນຕົ້ນອ່ອນ, ກິ່ງກ້ານ, ມີການອອກດອກ, ຕິດໝາກ ແລະ ສຸກແກ່ ແລະ ໄລຍະທີ່ຕົ້ນພືດຕາຍໄປ. ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງພືດຈະດໍາເນີນໄປແບບນີ້ສືບໄປໃນລັກສະນະເປັນວົງຈອນທີ່ເອີ້ນວ່າ ວົງຈອນຊີວິດ (life cycle) ເຊິ່ງສາມາດແບ່ງອອກຕາມການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການເປັນ 3 ໄລຍະ ດັ່ງຮູບ 4.1 ລຸ່ມນີ້:



ຮູບ 4.1. ສະແດງວົງຈອນຊີວິດຂອງພືດ.

- 1) ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍທາງດ້ານລໍາຕົ້ນ (vegetative stage/ phase) ເປັນໄລຍະທີ່ພືດມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງຮາກ, ລໍາຕົ້ນ, ໃບ ແລະ ກິ່ງ.

2) ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍທາງດ້ານສືບພັນ (reproductive/phase) ເປັນໄລຍະທີ່ພືດມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງອະໄວຍະວະທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ໃນການສືບພັນຄື: ດອກ, ໝາກ ແລະ ເມັດ.

3) ການແກ່ ແລະ ການຮ່ວງ (senescence and abscission stage/phase) ເປັນໄລຍະທີ່ພືດເລີ່ມເຊື່ອມ ແລະ ຫຼຸດຫຼົ່ນເຊັ່ນ: ໃນກໍລະນີຂອງໃບ, ດອກ, ໝາກ ຫຼື ເມັດ.

ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການຂະຫຍາຍຂອງພືດແຕ່ລະຊະນິດຂຶ້ນຢູ່ກັບກຳມະພັນ (genotype), ສະພາບແວດລ້ອມ (environment) ແລະ ປະຕິສາພັນຂອງກຳມະພັນ ແລະ ສະພາບແວດລ້ອມ.

1. ການເຕີບໂຕ (growth)

ໃນພືດ ການເຕີບໂຕ ໝາຍເຖິງ **“ການເພີ່ມຂອງຂະໜາດ (size) ເຊິ່ງອາດຈະເປັນດ້ານຄວາມກວ້າງ, ຄວາມຍາວ ແລະ ຄວາມໜາ, ການເພີ່ມຄວາມສູງ (height), ຈຳນວນ (mass), ບໍລິມາດ (volume), ຫຼື ນ້ຳໜັກ (weight) ເຊັ່ນ: ການເພີ່ມຈຳນວນຈຸລັງ, ການເພີ່ມປະລິມານຂອງໂພໂຕພລາສຊິມ, ການຂະຫຍາຍຂະໜາດຂອງຈຸລັງ, ການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງ, ຂໍ້ ແລະ ປ້ອງ, ການເພີ່ມນ້ຳໜັກແຫ້ງ ແລະ ການເພີ່ມຂະໜາດຂອງຕົ້ນພືດ”**

ການເຕີບໂຕ ເປັນການປ່ຽນແປງດ້ານປະລິມານ (quantitative) ທີ່ສາມາດຊັງນ້ຳໜັກ, ກະຕວງຫຼືວັດເປັນຕົວເລກໄດ້ ໂດຍລັກສະນະເປັນແບບບໍ່ຫວນກັບຮູບແບບເດີມໄດ້ (irreversible), ໂດຍປົກກະຕິແລ້ວການເຕີບໂຕຈະເກີດຂຶ້ນພ້ອມກັບການແບ່ງຈຸລັງ (cell division) ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງຈຸລັງ (cell enlargement). ໃນນັ້ນການແບ່ງຈຸລັງພຽງຢ່າງດຽວນັ້ນບໍ່ສາມາດມີຜົນຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແຕ່ຕ້ອງມີການເພີ່ມຂະໜາດຂອງໂຄງສ້າງທີ່ກ່ຽວຂ້ອງ ແລະ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງຈຸລັງກໍບໍ່ໄດ້ຄວາມຄຸມການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການຂອງພືດທັງໝົດໄວ້, ເຊິ່ງໃນພືດນັ້ນການເພີ່ມຂະໜາດຂອງຈຸລັງໃນບໍລິເວນທີ່ແກ່ເປັນສ່ວນທີ່ສາມາດຍືນຍັນໄດ້ ເພາະການເຕີບໂຕຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງຂອງອະໄວຍະວະຕ່າງໆນັ້ນຈຳເປັນຕ້ອງມີທັງການສ້າງຈຸລັງໃໝ່ໆທີ່ມີການຂະຫຍາຍຕົວຂອງຈຸລັງຄຽງຄູ່ກັນໄປ.

2. ພັດທະນາການ ຫຼື ການຈະເລີນ (development)

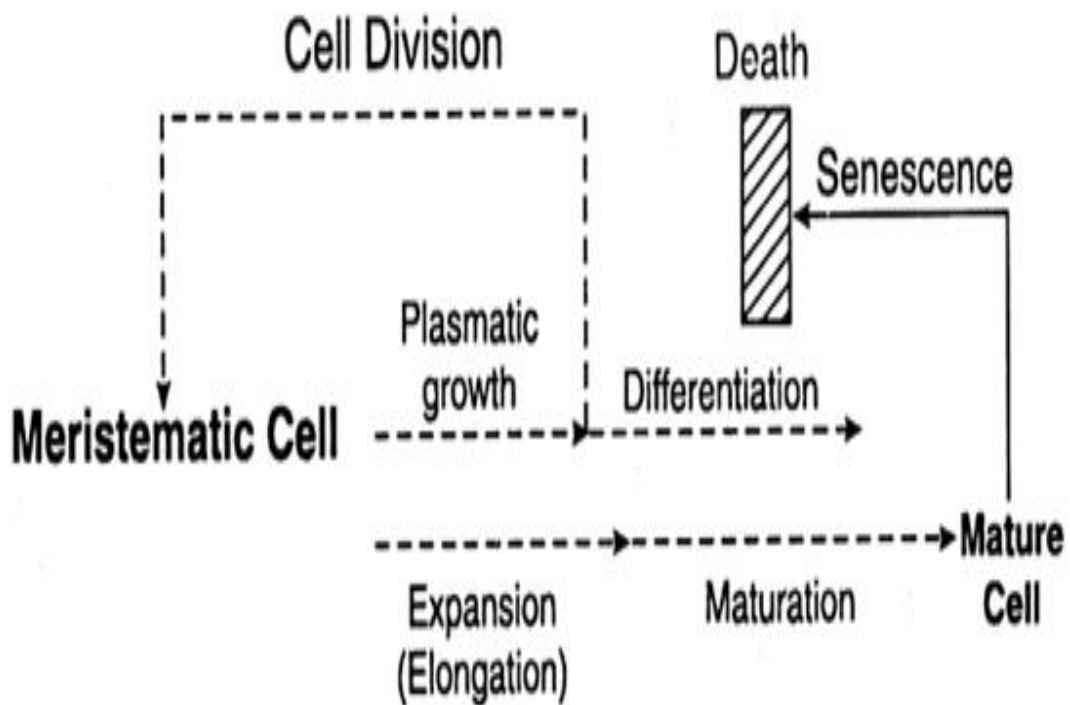
ການເຕີບໂຕຂອງພືດພຽງຢ່າງດຽວນັ້ນ ບໍ່ມີຜົນໂດຍກົງຕໍ່ການເກີດໂຄງສ້າງຕ່າງໆຂອງພືດ, ແຕ່ໃນທາງທົດສະດີແລ້ວມີຜົນຕໍ່ການສ້າງຈຸລັງທີ່ມີຄວາມຄ້າຍຄືກັນ (homogeneous cells) ເທົ່ານັ້ນ, ດັ່ງນັ້ນການເກີດໂຄງສ້າງ ຫຼື ອະໄວຍະວະໃດໆຂອງພືດຈຶ່ງຕ້ອງເກີດຈາກການທີ່ຈຸລັງ ແລະ ກຸ່ມຈຸລັງໃນບ່ອນຕ່າງກັນນັ້ນມີການປ່ຽນແປງ ແລະ ພັດທະນາຮູບຮ່າງ, ໂຄງສ້າງ ຫຼື ສ່ວນປະກອບຂອງຈຸລັງຈາກຊະນິດໜຶ່ງໄປເປັນອີກຊະນິດໜຶ່ງ ເພື່ອເຮັດໜ້າທີ່ສະເພາະທີ່ຕ່າງກັນອອກໄປ, ການປ່ຽນແປງດັ່ງກ່າວນີ້ເອີ້ນວ່າ ການປ່ຽນສະພາບ (differentiation) ເຊິ່ງມັກຊີວະວິທະຍາບາງທ່ານນິຍົມໃຊ້ເພື່ອຈຳແນກເຖິງການປ່ຽນແປງຕ່າງໆທີ່ເກີດຂຶ້ນ ເຊິ່ງນຳໄປສູ່ຮູບແບບຂອງໂຄງສ້າງທີ່ມີລັກສະນະທີ່ຈຳເພາະ ເຊັ່ນ: ການປ່ຽນສະພາບຂອງຈຸລັງ ຫຼື ການປ່ຽນສະພາບເພື່ອການກຳເນີດເປັນໂຄງສ້າງ ຫຼື ອະໄວຍະວະຕ່າງໆຂອງພືດ. ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີຜູ້ໃຊ້ຄວາມໝາຍຂອງຄຳວ່າພັດທະນາການ (development) ແລະ ການປ່ຽນສະພາບ (differentiation) ໃນລັກສະນະທີ່ຄ້າຍຄືກັນ ຫຼື ທົດແທນກັນໄດ້, ແຕ່ມັນກໍສາລິລະວິທະຍາພືດຈຳນວນບໍ່ໜ້ອຍທີ່ບໍ່ເຫັນດີນຳເທົ່າໃດ ແລະ ເຫັນວ່າໜ້າຈະໃຊ້ຄຳຈຳກັດຄວາມຂອງພັດທະນາການໃນລັກສະນະດັ່ງນີ້:

ພັດທະນາການ ຫຼື ການຈະເລີນ (development) ໝາຍເຖິງ **“ສິ່ງທີ່ເກີດຂຶ້ນເປັນລຳດັບທີ່ມີການປ່ຽນແປງໄປໃນຊ່ວງເວລາ ຫຼື ຊ່ວງອາຍຸຂອງສິ່ງມີຊີວິດນັ້ນ ເຊິ່ງລວມເຖິງ ການເຕີບໂຕ (growth) ແລະ ການປ່ຽນສະພາບ (differentiation).”** ນອກຈາກນີ້ພັດທະນາການຂອງພືດເກີດຂຶ້ນເຫັນໄດ້ຊັດເຈນຄື: ການປ່ຽນແປງທາງສັນຖານວິທະຍາ (plant morphogenesis) ເຊິ່ງເປັນຂະບວນການປ່ຽນແປງເພື່ອກຳເນີດອະ

ໄວຍະວະ (organ) ແລະ ສ່ວນຕ່າງໆຂອງພືດ ໂດຍມີການຈັດລຽງລຳດັບຂອງການເກີດ ແລະ ຂັ້ນຕອນຂອງການພັດທະນາຢ່າງເປັນລະບົບ.

ເນື່ອງຈາກວ່າບໍ່ທັນມີຂໍ້ມູນ ແລະ ເຫດຜົນທີ່ພຽງພໍທີ່ຂະຍັ້ງຢືນວ່າກົນໄກທີ່ຄວບຄຸມການປ່ຽນແປງການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການນັ້ນມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຢ່າງຊັດເຈນ, ນັກວິທະຍາສາດຈຶ່ງມັກພິຈາລະນາການປ່ຽນແປງທັງສອງສ່ວນນີ້ໃນແງ່ຂອງປະກົດການທີ່ສັງເກດເຫັນໄດ້ ເຊິ່ງຖືກວ່າຈະມີບາງກໍລະນີທີ່ມີການເຕີບໂຕເກີດຂຶ້ນພຽງຢ່າງດຽວໂດຍປາສະຈາກການປ່ຽນສະພາບ, ຄືກັນກັບບາງກໍລະນີທີ່ມີການປ່ຽນສະພາບໂດຍບໍ່ມີການເຕີບໂຕກໍໄດ້, ແຕ່ໂດຍປົກກະຕິແລ້ວປະກົດການທັງສອງນີ້ຈະເກີດຂຶ້ນຮ່ວມກັນ ແລະ ພັດທະນາການຂອງໂຕງ່າໃດໆຂອງພືດຕ້ອງຂຶ້ນກັບການເຮັດໜ້າທີ່ຮ່ວມກັນຂອງກິດຈະກຳທັງສອງຂະບວນການນີ້.

ຕົວຢ່າງຂອງພັດທະນາການຂອງພືດທີ່ຊັດເຈນ ໄດ້ແກ່: ການພັດທະນາຂອງຈຸລັງພືດ (cell development) ເຊິ່ງເປັນການພັດທະນາຈາກຈຸລັງແພຂະຫຍາຍ (meristematic cell) ເປັນຈຸລັງຂອງແພຖາວອນຊະນິດຕ່າງໆເຊັ່ນ: ຈຸລັງພາເຣນຄີມາ (parenchyma cell) ໂດຍຈຸລັງບໍລິເວນແພຂະຫຍາຍມີການແບ່ງຈຸລັງເພື່ອເພີ່ມຈຳນວນຂອງຈຸລັງຈາກຂະບວນການເຕີບໂຕທີ່ເອີ້ນວ່າ plasmatic growth ທີ່ມີການສັງເຄາະໂປຼຕິນ ແລະ ເພີ່ມປະລິມານຂອງຈຸລັງ ແລະ ເມື່ອແບ່ງຈຸລັງແລ້ວຍັງມີຄຸສົມບັດເປັນຈຸລັງແພຂະຫຍາຍ, ຈາກນັ້ນຈຶ່ງເຂົ້າສູ່ການເຕີບໂຕທີ່ເອີ້ນວ່າ expansion ຫຼື elongation growth ໂດຍຈຸລັງມີການເພີ່ມປະລິມານຂອງອົງປະກອບຫຼັງຂອງໂປຼໂຕພລາສຊິມ ແລະ ສັງເຄາະຈຸລັງທີ່ແຕກຕ່າງກັນ ສິ່ງຜົນໃຫ້ຈຸລັງມີເມຕາໂບລິສຊິມແຕກຕ່າງກັນ ແລະ ເກີດການປ່ຽນສະພາບຈຸລັງທີ່ແຕກຕ່າງກັນ, ເມື່ອການປ່ຽນສະພາບຊຶ້ນສຸດລົງ ແລະ ຈຸລັງແກ່ເຕັມທີ່ ແລະ ຕາຍໃນທີ່ສຸດ, ການປ່ຽນແປງເຫຼົ່ານີ້ເກີດຂຶ້ນຕໍ່ເນື່ອງຕາມຂະບວນການການພັດທະນາຈົນໄດ້ຈຸລັງຂອງແພຈຸລັງຖາວອນທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ສະເພາະຢ່າງ.



ຮູບ 4.2. ສະແດງລາດັບພັດທະນາການຂອງຈຸລັງພືດ

3. ຮູບແບບຂອງການເຕີບໂຕ (growth curves)

ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການຂອງພືດເປັນຜົນໂດຍກົງມາຈາກການແບ່ງຈຸລັງ (cell division), ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງຈຸລັງ (cell enlargement) ແລະ ການປ່ຽນສະພາບຂອງຈຸລັງ (cell differentiation) ເພື່ອ

ສ້າງແພຈຸລັງທີ່ແຕກຕ່າງກັນ, ຂະບວນການນີ້ກ່ຽວຂ້ອງໂດຍກົງກັບ **ການປ່ຽນແປງຂະໜາດຂອງຈຸລັງຢ່າງຖາວອນ ແລະ ການເພີ່ມປະລິມານ ຫຼື ນ້ຳໜັກແຫ້ງຂອງສ່ວນຈູເລີນ (growing parts) ຂອງພືດ.**

ພືດໂດຍສະເພາະພືດລົ້ມລຸກ (annual) ທີ່ມີອາຍຸພຽງລະດູການດຽວນັ້ນ ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດທັງຕົ້ນ ຫຼື ສ່ວນໃດສ່ວນໜຶ່ງຂອງພືດເຊັ່ນ: ຮາກ, ລຳຕົ້ນ, ໃບ, ດອກ ແລະ ໝາກ ຈະມີລັກສະນະຄ້າຍຄືກັນຂອງສິ່ງມີຊີວິດອື່ນໆ, ໄລຍະເວລາການຈະເລີນເຕີບໂຕທັງໝົດນີ້ເອີ້ນວ່າ Grand Period of Growth ເຊິ່ງເມື່ອນຳອັດຕາການຈະເລີນເຕີບໂຕມາຂຽນເປັນເສັ້ນສະແດງຄວາມສຳພັນກັບຊ່ວງເວລາຂອງການຈະເລີນເຕີບໂຕແລ້ວຈະໄດ້ຮູບການຈະເລີນເຕີບໂຕ (growth curve) ທີ່ມີລັກສະນະເປັນຮູບຕົວ S ມີຊື່ເອີ້ນທົ່ວໄປວ່າ Sigmoid curve ຫຼື Grand Period Curve.

ເສັ້ນສະແດງຮູບ Sigmoid curve ເປັນຕົວແທນຜົນລວມຂອງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງອະໄວຍະວະ ແລະ ຈຸລັງພືດທີ່ກຳລັງເຕີບໂຕ ແລະ ບົ່ງບອກເຖິງການປ່ຽນແປງຂະໜາດຂອງສ່ວນຕ່າງໆຄືກັນກັບການນຳນ້ຳໜັກແຫ້ງມາໃຊ້ເປັນຕົວບົ່ງບອກການເຕີບໂຕຂອງພືດໃນຊ່ວງກ່ອນການສຸກແກ່, ເສັ້ນສະແດງທີ່ໄດ້ກ່າວຈະເປັນຮູບຕົວ S ຄືກັນ. ໃນສະພາບທີ່ເໝາະສົມການຈະເລີນເຕີບໂຕສາມາດແຍກອອກເປັນ 3 ໄລຍະໃຫຍ່ໆ (ດັ່ງຮູບ 4.3) ດັ່ງລຸ່ມນີ້:

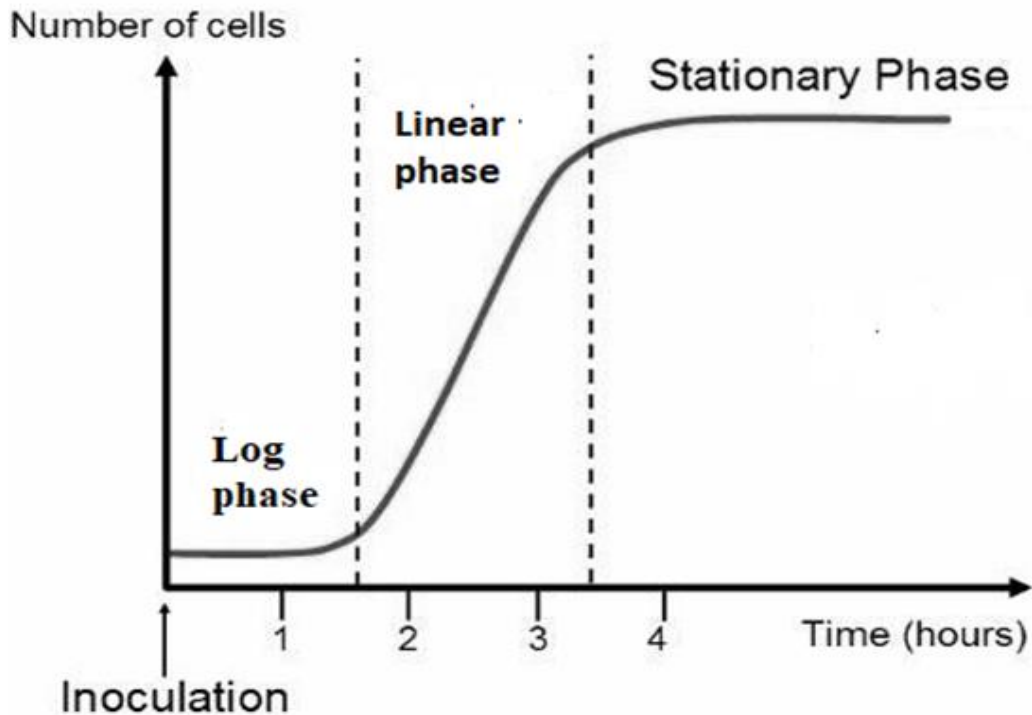
1) Log phase ເປັນໄລຍະທຳອິດຂອງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ເຊິ່ງຈະເກີດຂຶ້ນຢ່າງຊ້າໆນັບຕັ້ງແຕ່ເມັດກຳລັງງອກ ແລະ ເຕີບໂຕຢູ່ໃນໄລຍະທີ່ເປັນຕົ້ນອ່ອນທຳອິດ, ທັງນີ້ເນື່ອງຈາກວ່າອາຫານສະສົມໄວ້ໃນເມັດມີຈຳກັດ.

2) Linear phase ເປັນໄລຍະຂອງການຈະເລີນເຕີບໂຕທີ່ເກີດຂຶ້ນຢ່າງໄວວາຫຼັງຈາກທີ່ງອກເປັນຕົ້ນອ່ອນແລ້ວມີຮາກ ແລະ ໃບພຽງພໍສຳລັບການສ້າງອາຫານຂອງພືດ, ໃນໄລຍະນີ້ພືດມີການເພີ່ມຄວາມສູງ ແລະ ນ້ຳໜັກແຫ້ງຂອງຕົ້ນຢ່າງໄວວາ.

3) Stationary phase ເປັນໄລຍະທີ່ມີການຈະເລີນເຕີບໂຕເພີ່ມຂຶ້ນໃນອັດຕາທີ່ຫຼຸດລົງຈົນເຖິງຈຸດທີ່ຢຸດການເຕີບໂຕໃນທີ່ສຸດ ເຊິ່ງບາງຄັ້ງອາດເອີ້ນວ່າ senescence phase.

3. ບໍລິເວນທີ່ມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ (localization of growth)

ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດຂຶ້ນສູງຈະຍັງຄົງຍັງມີຢູ່ຕະຫຼອດເວລາ ແລະ ຕະຫຼອດອາຍຸຂອງພືດໂດຍສູນກາງຂອງສູນກາງການຈະເລີນເຕີບໂຕ ຄືບໍລິເວນທີ່ມີແພຂະຫຍາຍ (meristematic cell) (ດັ່ງຮູບ 4.4), ການຢຶດ ແລະ ການສ້າງອະໄວຍະວະຕ່າງໆເປັນຜົນໂດຍກົງຈາກກົດຈະກຳຂອງແພຂະຫຍາຍບໍລິເວນປາຍຮາກ (root apex) ແລະ ປາຍຍອດ (shoot apex) ເຊິ່ງເຮັດໜ້າທີ່ໃຫ້ເກີດການຈະເລີນເຕີບໂຕທາງດ້ານຄວາມສູງ, ລວມທັງແພຂະຫຍາຍ intercalary meristem ທີ່ຢູ່ບໍລິເວນປ້ອງ ແລະ ຖານໃບ ຕະຫຼອດເຖິງການເພີ່ມຂອງຂະໜາດເສັ້ນຜ່າສູນກາງຂອງແກນລຳຕົ້ນພືດທີ່ເກີດຈາກກົດຈະກຳການຈະເລີນເຕີບໂຕຂັ້ນສອງ (secondary growth) ຂອງແພຂະຫຍາຍວາສຄິວລາແຄມບຽມ (vascular cambium) ແລະ ຄືອກແຄມບຽມ (cork cambium).



ຮູບ 4.3. ຮູບການຈື່ນເຕີບໂຕ (growth curve) ຂອງພືດ

ແພຂະຫຍາຍແບ່ງອອກຕາມຕຳແໜ່ງທີ່ຢູ່ໄດ້ດັ່ງນີ້:

1) Apical meristem ເປັນແພຂະຫຍາຍທີ່ຢູ່ບໍລິເວນປາຍສຸດຂອງຮາກ ແລະ ຍອດ ເຮັດໜ້າທີ່ແບ່ງຈຸລັງເພື່ອເພີ່ມຄວາມຍາວຂອງລຳຕົ້ນ ແລະ ຮາກ ແລະ ຈາກການແບ່ງຈຸລັງຂອງແພຂະຫຍາຍບໍລິເວນປາຍສຸດທີ່ມີການແບ່ງຢູ່ຕະຫຼອດເວລາ ແລະ ປ່ຽນແປງໄປເປັນແພຂະຫຍາຍຂັ້ນໜຶ່ງ (primary meristem) ແລ້ວເກີດແພຈຸລັງຈຳພາະຂອງແພຂະຫຍາຍຂັ້ນໜຶ່ງ 3 ລະບົບໄດ້ແກ່: protoderm, procambium ແລະ ground meristem, ເຊິ່ງແພຂະຫຍາຍຂັ້ນໜຶ່ງນີ້ຈະມີການປ່ຽນແປງອີກຄັ້ງໜຶ່ງເພື່ອໃຫ້ກຳເນີດແພຖາວອນຂັ້ນໜຶ່ງ (primary tissue) ໂດຍ protoderm ປ່ຽນສະພາບເປັນແພຖາວອນທີ່ມີຊື່ວ່າ epidermis, procambium ປ່ຽນສະພາບເປັນ vascular tissue ແລະ ground meristem ປ່ຽນສະພາບເປັນ ground tissue.

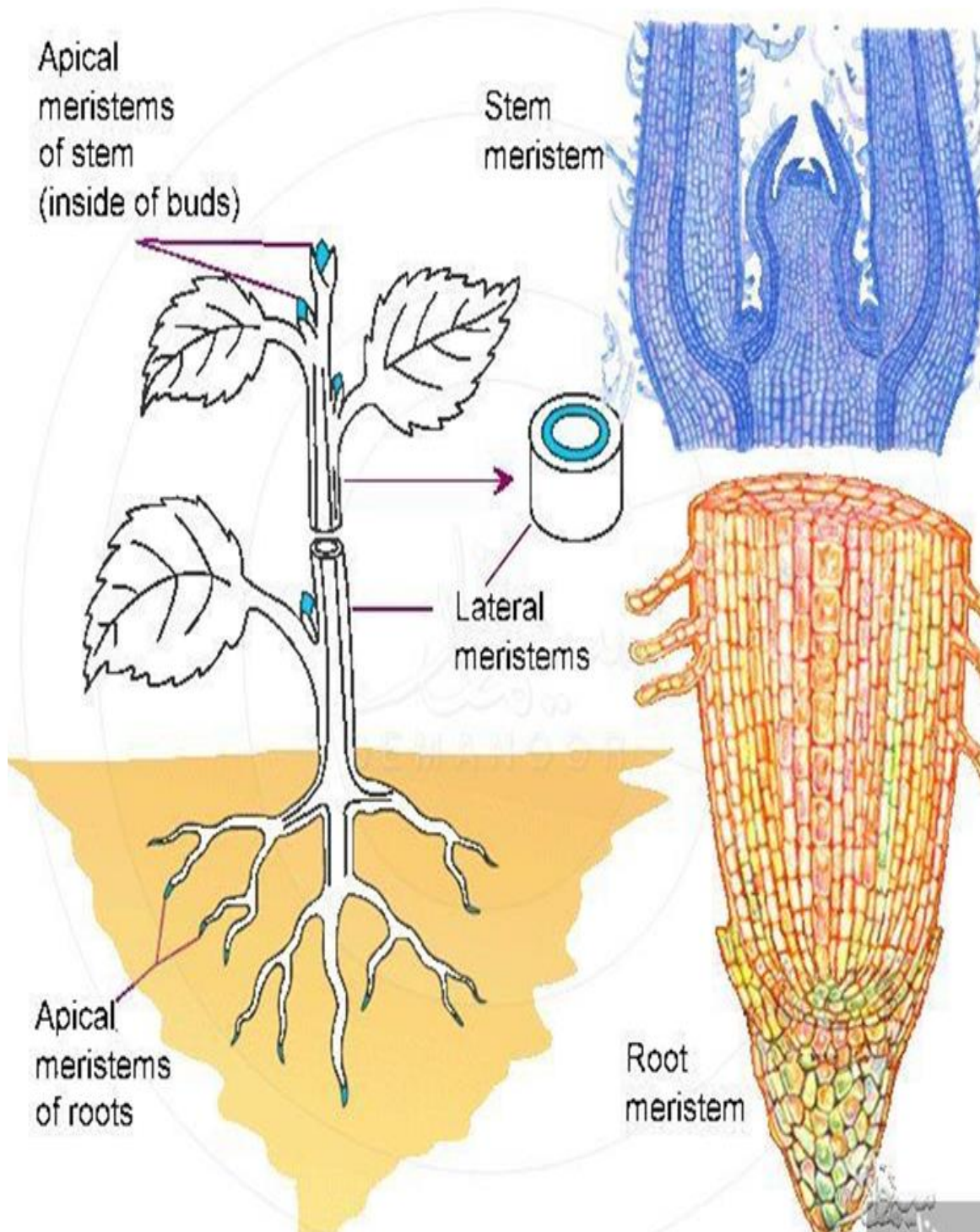
2) Intercalary meristem ເປັນແພຂະຫຍາຍທີ່ຢູ່ບໍລິເວນໂຄນປ້ອງຂອງລຳຕົ້ນຂອງພືດຕະກູນຫຍ້າ ແລະ ພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວອື່ນໆ ເຊິ່ງຈຸລັງມີການແບ່ງຕົວ ແລະ ເພີ່ມຈຳນວນ ເຮັດໃຫ້ຄວາມຍາວຂອງປ້ອງເພີ່ມຂຶ້ນ.

3) Lateral meristem ຫຼື axillary meristem ເປັນແພຂະຫຍາຍບໍລິເວນດ້ານຂ້າງຂອງລຳຕົ້ນ ແລະ ຮາກ, ເມື່ອມີການແບ່ງຈຸລັງແລ້ວຈະເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມໜາຂອງລຳຕົ້ນ ແລະ ຮາກ ໄດ້ແກ່: ແພຈຸລັງຂອງ vascular cambium ແລະ cork cambium ເຊິ່ງການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ປ່ຽນແປງສະພາບກໍ່ໃຫ້ເກີດແພຖາວອນຂັ້ນສອນ (secondary tissues) ຄື: vascular cambium ຈະແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ປ່ຽນສະພາບແລ້ວໄດ້ secondary phloem ແລະ secondary xylem, ສ່ວນ cork cambium ຈະແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ປ່ຽນສະພາບແລ້ວໄດ້ cork ແລະ corky parenchyma.

ຈາກແພຂະຫຍາຍສ່ວຍປາຍຮາກ ແລະ ປາຍຍອດ ເຊິ່ງເປັນບໍລິເວນໃຫ້ກຳເນີດໂຄງສ້າງຂອງຕົ້ນພືດ ໂດຍຈຸລັງແພຂະຫຍາຍມີການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ປ່ຽນແປງສີພາບໄປເຮັດໜ້າທີ່ສະເພາະເປັນແພຖາວອນປະກອບເປັນອະໄວຍະວະຕ່າງໆຂອງພືດທັງໂຕໆຂອງຮາກ, ລຳຕົ້ນ, ໃບ, ດອກ, ໝາກ ແລະ ເມັດ.

ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການຂອງພືດເກີດຂຶ້ນເປັນວົງຈອນ, ສຳລັບພືດມີດອກການງອກຂອງເມັດເປັນຈຸເລີ່ມຕົ້ນຫຼັງຈາກທີ່ພືດມີການສ້າງແອມບຼິໂອ ກ່າວຄື: ເມັດຈະປະກອບດ້ວຍໂຕໆສ້າງທີ່ມີແກນການຈະເລີນ

(embryonic axis) ທີ່ປະກອບດ້ວຍແພຂະຫຍາຍບໍລິເວນປາຍຮາກ ແລະ ປາຍຍອດຊອງພືດທີ່ຢູ່ນີ້, ມີຂະບວນການເມຕາໂບລິດສຊິມໜ້ອຍ ແລະ ເມື່ອມີສະພາບແວດລ້ອມເໝາະສົມກໍ່ຈະມີການງອກອອກມາເປັນຕົ້ນໃໝ່, ມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການສ້າງອະໄວຍະວະ. ໂດຍປົກກະຕິແລ້ວພືດຈະມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທາງດ້ານລຳຕົ້ນກ່ອນຕາມດ້ວຍທາງດ້ານການສືບພັນ, ຈຸດປ່ຽນແປງຂອງການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທັງສອງໄລຍະນີ້ຖືກກຳນົດໂດຍການປ່ຽນແປງຂອງແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດທີ່ຢຸດການສ້າງອະໄວຍະວະທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການຈະເລີນເຕີບໂຕທາງລຳຕົ້ນ ແລະ ປ່ຽນແປງໄປເປັນການສ້າງອະໄວຍະວະເພື່ອການອອກດອກ ແລະ ສືບພັນ.

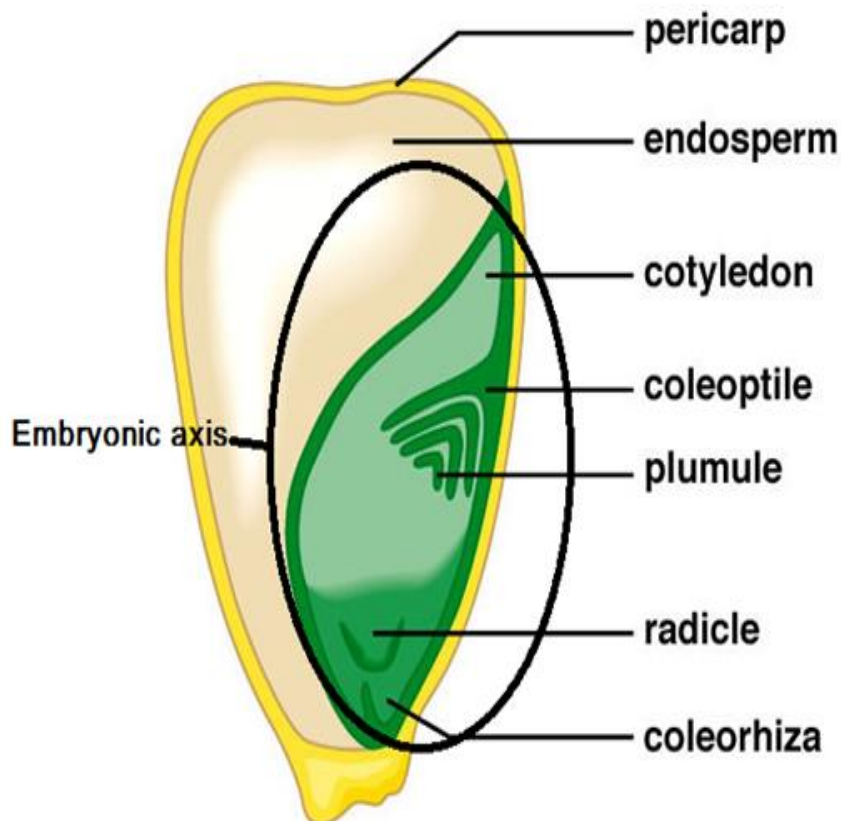


ຮູບ 4.4. ສະແດງບໍລິເວນແພຂະຫຍາຍ (meristematic cell) ຂອງພືດ

II. ພັດທະນາການທາງລຳຕົ້ນ ແລະ ການສືບພັນ

1. ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທາງລຳຕົ້ນ

ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທາງໂຕງສ້າງຂອງພືດຈະເກີດຂຶ້ນຫຼັງຈາກຊັ້ນສຸດຂະບວນການກຳເນີດແອມບີໂອ ແລະ ການສ້າງເມັດ ເຊິ່ງເມື່ອຊັ້ນສຸດຂະບວນການກຳເນີດແອມບີໂອຈະໄດ້ແກນການຈະເລີນຂອງຕົ້ນພືດທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍ (embryonic axis) ດັ່ງຮູບ 4.5 ແລະ ຍັງບໍ່ມີການພັດທະນາເປັນອະໄວຍະວະ (rudimentary plant axis) ປະກອບດ້ວຍແພຂະຫຍາຍປາຍຮາກ (root apical meristem) ແລະ ແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດ (shoot apical meristem) ເຊິ່ງໂຄງສ້າງຂອງພືດຈະຖືກສ້າງໂດຍກົດຈະກຳຂອງແພຂະຫຍາຍ ແລະ ເຖິງແມ່ນວ່າແພຂະຫຍາຍຈະເກີດຈື່ນຕັ້ງແຕ່ໄລຍະກຳເນີດແອມບີໂອ ແຕ່ກໍຍັງບໍ່ເຮັດໜ້າທີ່ຈົນກວ່າເມັດເລີ່ມງອກ.



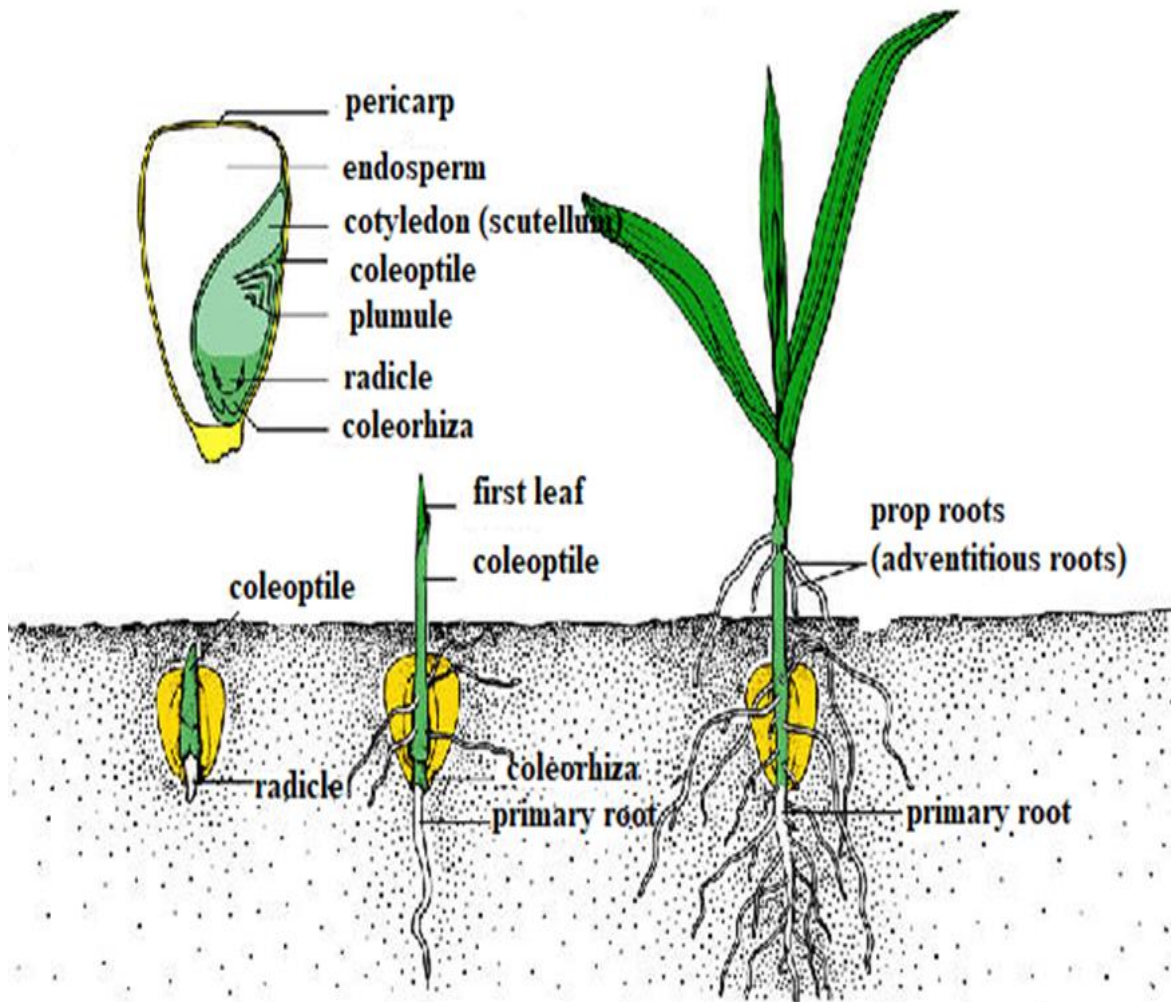
ຮູບ 4.5. ສະແດງແກນການຈະເລີນຂອງຕົ້ນພືດ (embryonic axis)

1.1. ການງອກຂອງເມັດ (seed germination)

ການງອກຂອງເມັດປົກກະຕິໃນຄວາມໝາຍຂອງນັກສາລິລະວິທະຍາພືດໝາຍເຖິງ **ຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາທີ່ເກີດຂຶ້ນພາຍໃນເມັດ ເຊິ່ງມີຜົນເຮັດໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງ ແລະ ພັດທະນາທາງສັນຖານວິທະຍາຈົນແຮດິເຄີລ ງອກອອກມາຈາກເມັດເຫັນໄດ້ຊັດເຈນ ?**

ສ່ວນນັກສາລິລະວິທະຍາເມັດພັນໃຫ້ຄວາມໝາຍການງອກວ່າ: ແມ່ນຂະບວນການທີ່ເລີ່ມຕັ້ງແຕ່ການດູດນ້ຳຂອງເມັດ (imbibition) ໄປຈົນຊັ້ນສຸດທີ່ການຍຶດຕົວຂອງແກນແອມບີໂອ ເຊິ່ງໂດຍປົກກະຕິຈະໝາຍເຖິງແກນຂອງແຮດິເຄີລ ໂດຍລະຫວ່າງການງອກມີຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາຕ່າງໆໄດ້ແກ່: ການດູດນ້ຳ, ການປ່ຽນແປງໂຄງສ້າງຕ່າງໆພາຍໃນຈຸລັງ, ການຫາຍໃຈ, ການສັງເຄາະສານໂມເລກຸນທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່, ການແບ່ງຈຸລັງ

ແລະ ການຢຶດຕົວຂອງຈຸລັງ ເຮັດໃຫ້ເມັດທີ່ເຄີຍຢູ່ໃນສະພາບນັ່ງ ຫຼື ພັກ (quiescent state) ນັ້ນປ່ຽນແປງໄປເປັນເມັດທີ່ແອມບຼີໂອມີຊະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມສູງ ຈົນມີການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການອອກມາເຫັນໄດ້ຢ່າງຊັດເຈນ (ດັ່ງຮູບ 4.6)



ຮູບ 4.6 ສະແດງການງອກຂອງເມັດສາລີ

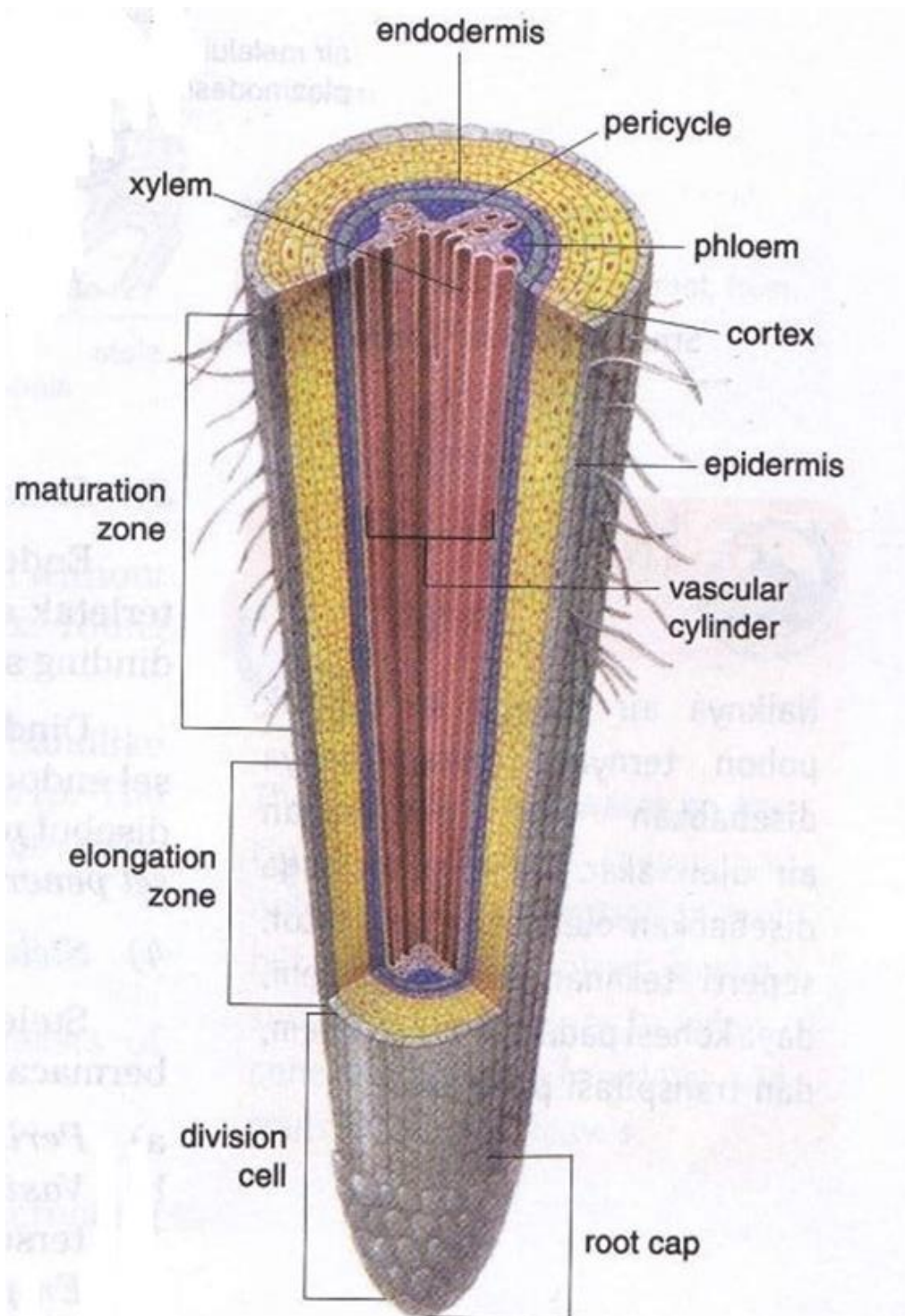
ການງອກຂອງເມັດກ່ຽວຂ້ອງກັບການທຳລາຍການພັກຕົວ ແລະ ການເຕີບໂຕໃໝ່ຂອງແອມບຼີໂອ, ນັ້ນຄືມີການຈຳລອງຕົວເອງໃໝ່ຂອງຢືນ ແລະ ການສັງເຄາະໂປຼຕິນ ລວມທັງອັດຕາການຫາຍໃຈ ແລະ ຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິຕ່າງໆເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ, ອາຫານທີ່ສະສົມຢູ່ໃນເມັດຖືກເຄື່ອນຍ້າຍຂະນະທີ່ເມັດກຳລັງງອກ ແລະ ມີລັກສະນະທີ່ສັບຊ້ອນ ໂດຍມີໂມເລກຸນທີ່ບໍ່ສາມາດລະລາຍນຳຈຶ່ງຕ້ອງຢ່ອຍສະຕໍ່, ດັ່ງນັ້ນການເຄື່ອນຍ້າຍອາຫານທີ່ເໝາະສົມຈຶ່ງຕ້ອງການເອັນໄຊ hydrolytic enzymes ເປັນຕົວຊ່ວຍໄດ້ແກ່ proteases, lipases ແລະ amylases ເປັນຕົ້ນ. ໃນພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວເອັນໄຊເຫຼົ່ານີ້ຖືກສ້າງ ແລະ ຂັບອອກມາຈາກ aleurone layer ຂອງເອັນໂດສະເປີມ, ໃນຂະນະທີ່ພືດໃບລ້ຽງຄູ່ຖືກສ້າງໂດຍຈຸລັງຂອງໃບລ້ຽງລະຫວ່າງການງອກ. ສັນຍານຂອງຮໍໂມນຈະໄປກະຕຸ້ນການສັງເຄາະ ແລະ ປົດປ່ອຍເອັນໄຊ hydrolytic enzymes ໃນສ່ວນຂອງ aleurone layer ໂດຍຮໍໂມນຈີບເບີຣີລິນ (Gas) ເຊິ່ງມີບົດບາດທີ່ສຳຄັນຢ່າງຍິ່ງຕໍ່ການງອກຂອງເມັດ ເຊັ່ນ: ເຂົ້າບາເລ ແລະ ໃນເມັດພືດອື່ນໆຫຼາຍຊະນິດ, ຈີບເບີຣີລິນຈະຖືກສັງເຄາະຂຶ້ນໃນເມັດໃນຂະນະທີ່ກຳລັງງອກເປັນຕົ້ນອ່ອນ ຫຼື ຖືກປົດປ່ອຍອອກມາຈາກສ່ວນສະສົມອາຫານໃນຂະນະທີ່ເມັດມີການດູດນໍ້າ. ຈີບເບີຣີລິນໃນສ່ວນ aleurone layer ຂອງເມັດ

ມີສ່ວນສຳຄັນໃນການສັງເກດເອັນໄຊ hydrolytic enzymes ຕ່າງໆ ໄດ້ແກ່ α –*amylases* ໃນ aleurone cell ຂອງເມັດເຂົ້າບາເລ. ການຄວບຄຸມຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມໂດຍຈິບເບີຣິລິນເປັນຊະບວນການທີ່ສັບຊ້ອນ ແລະ ກ່ຽວຂ້ອງກັບການສັງເກດ, ການເຄື່ອນຍ້າຍໂປຕິນ ແລະ ຍັງກ່ຽວຂ້ອງກັບການສະແດງອອກຂອງປົນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບເອັນໄຊ hydrolytic enzymes ຕົວຢ່າງ: ເອັນໄຊ α –*amylases* ທີ່ແຕກຕ່າງກັນ 4 ຊະນິດທີ່ຖືກສ້າງຂຶ້ນໃນ aleurone layer ຂອງເມັດເຂົ້າບາເລ ເອັນໄຊເຫຼົ່ານີ້ແຕກຕ່າງກັນທີ່ isoelectric point ແລະ ໃນໄລຍະເວລາທີ່ເກີດຂຶ້ນສູງສຸດຫຼັງຈາກໄດ້ຮັບການກະຕຸ້ນດ້ວຍຈິບເບີຣິລິນ.

1.2. ພັດທະນາການຂອງຮາກ (root development)

ປາຍຮາກ (root apex) ມີໂຄງສ້າງທີ່ບໍ່ສັບຊ້ອນ, ປະກອບດ້ວຍແພຂະຫຍາຍ (root apical meristem) ດັ່ງຮູບທີ 4.7. ທີ່ຖືກອ້ອມຮົບດ້ວຍແພຈຸລັງທີ່ກຳລັງພັດທະນາ ແລະ ມີໝວກຮາກຢູ່ປາຍເຮັດໜ້າທີ່ປົກຄຸມປາຍຮາກ ແລະ ປ້ອງກັນອັນຕະລາຍໃຫ້ກັບແພຈຸລັງສ່ວນປາຍສຸດຂອງຮາກທີ່ກຳລັງແບ່ງຕົວ ແລະ ຊ່ວຍໃນການຢັ້ງຮາກລົງໄປໃນດິນ, ນອກຈາກນີ້ຍັງເຮັດໜ້າທີ່ໃນການຕອບສະໜອງແຮງໂນ້ມຖ່ວງຂອງໂລກ, ເຊື່ອວ່າຈຸລັງບໍລິເວນສ່ວນກາງຂອງໝວກຮາກມີທາດ calcium carbonate ທີ່ເປັນຂອງແຂງແຮງເອີ້ນວ່າ statoliths ເຊິ່ງເປັນເມັດແປ້ງ amyloplast ເຮັດໜ້າທີ່ສົ່ງການກະຕຸ້ນທີ່ເກີດຈາກແຮງໂນ້ມຖ່ວງຂອງໂລກ ແຕ່ຍັງບໍ່ຮູ້ວ່າເຫດແປ້ງໄປເຮັດໜ້າທີ່ໃຫ້ເກີດການຕອບສະໜອງນີ້ໄດ້ແນວໃດ, ແຕ່ມີຜູ້ເຊື່ອວ່າການຕອບສະໜອງເກີດຈາກບົດບາດຂອງ endoplasmic reticulum (ER) ທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ເປັນລິ້ນປິດເປີດຂວາງທາງເດີນຂອງສານຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕ ເຮັດໃຫ້ເກີດການສະສົມຮໍໂມນອອກຊິນບໍລິເວນລຸ່ມຂອງຮາກ.

ບໍລິເວນແພຂະຫຍາຍສ່ວນປາຍຮາກນິຍົມໃຊ້ສຶກສາກົດຈະກຳການແບ່ງຈຸລັງຂອງພືດ ເນື່ອງຈາກເຫັນໂຄງໂມໂຊມຂ້ອນຂ້າງຊັດເຈນພາຍໃຕ້ກ້ອງຈຸລະທັດ ເຊິ່ງຖັດຈາກບໍລິເວນດັ່ງກ່າວຈຸລັງຈະມີການຂະຫຍາຍຂະໜາດ ປ່ຽນແປງຮູບຮ່າງເປັນແພຖາວອນທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ສະເພາະ, ໂດຍ procambium ປ່ຽນແປງເປັນແພລາລຽງ (vascular tissues) ປະກອບດ້ວຍກຸ່ມທໍ່ລຳລຽງນ້ຳ (xylem) ແລະ ກຸ່ມທໍ່ລຳລຽງອາຫານ (phloem), ຂະນະດຽວກັນ protoderm ຈະປ່ຽນແປງເປັນແພຖາວອນ epidermis ເຊິ່ງບາງຈຸລັງມີການປ່ຽນແປງເປັນຂົນຮາກ (root hair) ແລະ ground meristem ຈະປ່ຽນແປງ ແລະ ສ້າງ ground tissues ເປັນຊັ້ນ cortex ເຊັ່ນ ແພຈຸລັງ parenchyma ເຮັດໃຫ້ເກີດການເຕີບໂຕດ້ານຄວາມຍາວຂອງຮາກ, ນອກຈາກນີ້ຮາກຍັງມີການສ້າງຮາດຂະແໜງ (lateral root) ເຊິ່ງເກີດຈາກການແບ່ງຈຸລັງຂອງແພຈຸລັງ pericycle ທີ່ຢູ່ຕິດກັບ endodermis ທີ່ຢູ່ດ້ານໃນສຸດຂອງຊັ້ນ cortex, ຮາກຈະແໜງທີ່ເກີດຂຶ້ນຈະເຊື່ອມຕໍ່ກັບທໍ່ລຳລຽງເດີມເຮັດໃຫ້ການເຄື່ອນທີ່ຂອງທາດຕໍ່ເນື່ອງກັນ.



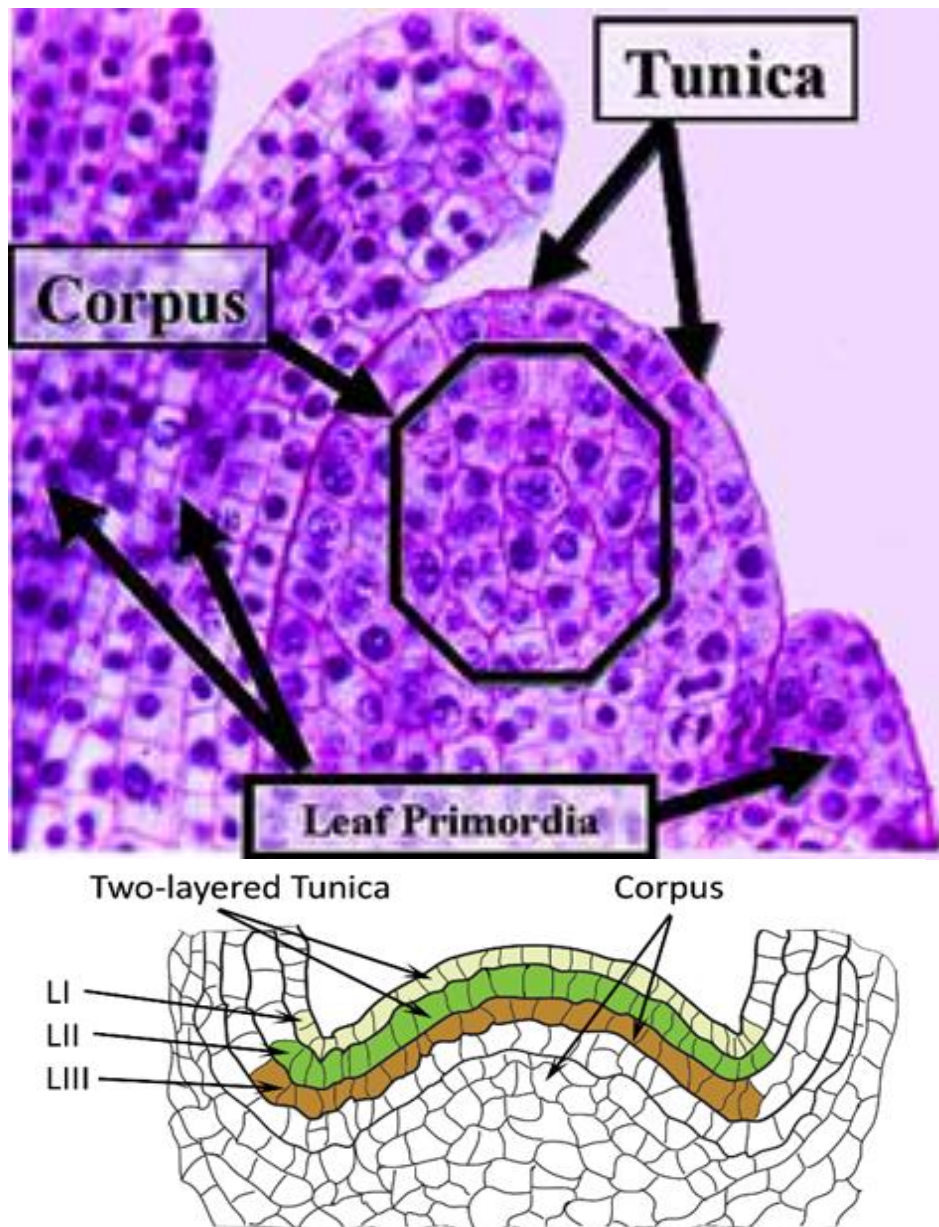
ຮູບ 4.6 ສະແດງລັກສະນະໂຄງສ້າງຂອງປາຍຮາກ

1.3. ພັດທະນາການຂອງລຳຕົ້ນ (shoot development)

ແພຂະຫຍາຍສ່ວນປາຍຍອດສາມາດກຳເນີດໂຄງສ້າງຕ່າງໆ ທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍເມື່ອທຽບກັບແພຊະຫຍາຍສ່ວນປາຍຮາກ, ແພຂະຫຍາຍສ່ວນປາຍຍອດມີລັກສະນະພິເສດ ແລະ ມີຄວາມສາມາດໃນການແຕກຂະແໜງ ຫຼື ຈະເລີນອອກໄປດ້ານຂ້າງເພື່ອເກີດສ່ວນຕ່າງໆຂອງໃບ ແລະ ລຳຕົ້ນສ່ວນທີ່ເປັນງ່າ (vegetative organs) ແລະ ອະໄວຍະວະສືບພັນ (reproductive organs) ໄດ້. ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການຂອງໂຄງສ້າງບາງຢ່າງມີລັກສະນະບໍ່ທອດຍອດ (determinate) ເຊັ່ນ: ໃບ, ໃນຂະນະທີ່ຕາຂ້າງມີການຈະເລີນເຕີບ

ໂຕແລະພັດທະນາການເປັນແບບທອດຍອດ (indeterminate) ເຊັ່ນ: ການຈະເລີນເຕີບໂຕໄປເປັນກິ່ງງ່າ ແລະ ຊໍ່ດອກ.

ສໍາລັບພືດມີດອກປາຍຍອດມີກຸ່ມຈຸລັງຫຼັກ 2 ກຸ່ມ ເຊິ່ງຈາແນກໂດຍອາໄສຄວາມແຕກຕ່າງຂອງແນວການແບ່ງຈຸລັງ (ຮູບທີ 4.7) ຊັ້ນຜິວດ້ານນອກ (surface layer) ເອີ້ນວ່າ tunica ການແບ່ງຈຸລັງສ່ວນໃຫຍ່ເປັນມູມຕັ້ງສກກັບຊັ້ນຜິວເພື່ອເພີ່ມຈຳນວນຈຸລັງໃນແນວເປັນຊັ້ນໃໝ່, ຊັ້ນພາຍໃນເອີ້ນ corpus ມີການແບ່ງຈຸລັງທຸກທິດທາງບໍ່ແນ່ນອນເກີດການເພີ່ມກຸ່ມຈຸລັງບໍລິເວນສູນກາງຂອງປາຍຍອດອອກໄປເກືອບຮອບດ້ານ ແລະ ມີລັກສະນະເປັນກຸ່ມກ້ອນຂອງແພຈຸລັງ (bulk tissues).



ຮູບ 4.7 ສະແດງລັກສະນະຂອງແພຂະຫຍາຍສ່ວຍປາຍຍອດ ທີ່ມີຈຸລັງ 2 ຊັ້ນຄື: tunica ແລະ corpus ພ້ອມທັງ ບຸ່ມໃຫ້ກໍາເນີດໃບ (leaf primordia)

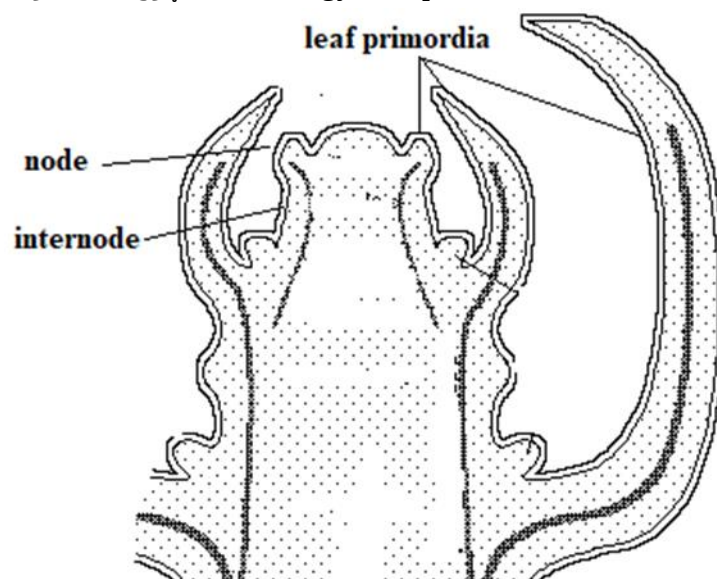
ໃນພືດໃບລ້ຽງຄູ່ເຄິ່ງໜຶ່ງທີ່ພົບມັກຈະເປັນຊັ້ນ tunica ທີ່ມີ 2 ຊັ້ນຍ່ອຍ (two-layered tunica) ຮູບທີ 4.7, ບາງຊະນິດມີຈຳນວນຂັ້ງເພີ່ມຂຶ້ນໄປຈົນເຖິງ 5 ຊັ້ນ, ຮູບແບບໂຄງສ້າງຂອງໂຕມປາຍຍອດແບບ tunica-carpus ເຊິ່ງນີ້ແມ່ນລັກສະນະສະເພາະຂອງພືດຂັ້ນສູງທີ່ມີດອກ.

ຈາກແພຂະຫຍາຍບໍລິເວນປາຍຍອດທີ່ມີການແບ່ງຈຸລັງທັງບໍລິເວນ tunica ແລະ corpus ໄດ້ເປັນກຸ່ມຈຸລັງທີ່ໂປ່ງອອກເປັນປຸ່ມກຳເນີດໃບ (leaf primordia) ໃນບໍລິເວນຖານຂອງປາຍຍອດ ເຊິ່ງປຸ່ມດັ່ງກ່າວເປັນຈຸດກຳເນີດຂອບໃນ, ຂະນະທີ່ມີການກຳເນີດປຸ່ມໃບສ່ວນຂອງຂໍ້ (node) ແລະ ປ້ອງ (internode) ຂອງລຳຕົ້ນຈະເກີດຂຶ້ນພ້ອມໆກັນ (ຮູບທີ 4.8) ລວມທັງການຍືດຂອງແກນລຳຕົ້ນເກີດຈາກຜົນລວມຈາກການແບ່ງຈຸລັງ, ການຂະຫຍາຍຂະໜາດຂອງຈຸລັງ ແລະ ການປ່ຽນແປງຮູບຮ່າງຂອງຈຸລັງ ເຊິ່ງມີປັດໃຈຫຼາຍຢ່າງທີ່ມີຄວບຄຸມອັດຕາການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕົ້ນພືດ ໄດ້ແກ່: ທາດອາຫານ, ສານຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ປັດໃຈສະພາບແວດລ້ອມ.

ປຸ່ມກຳເນີດໃບ (leaf primordia) ມີການຈັດລຽງຕົວຢູ່ປາຍຍອດຢ່າງມີລະບຽບ ແລະ ມີຄວາມຈາເພາະໃນພືດແຕ່ລະຊະນິດ ເຮັດໃຫ້ສາມາດວັດການຈັດລຽງຂອງປຸ່ມກຳເນີດໃບ ຫຼື ໃບໃນລຳຕົ້ນເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ phyllotaxy, ຮູບຂອງໃບທີ່ເກີດຂຶ້ນຮອບລຳຕົ້ນພືດມີລັກສະນະທີ່ມີການພັດທະນາໄປໄດ້ຫຼາຍຮູບແບບ ແລະ ມີຕຳຄົງທີ່ເຊິ່ງສາມາດທຳນາຍໄດ້ໃນພືດແຕ່ລະຊະນິດ ໂດຍລັກສະນະການຈັດລຽງຕົວແບບກົງກັນຂ້າມ (opposite), ແບບສະຫຼັບ (alternate), ແບບເປັນຊັ້ນ (whorled) ຫຼື ແບບວຽນເປັນກຽວ (spiral).

ໃນຂະນະທີ່ປຸ່ມກຳເນີດໃບກຳລັງພັດທະນາ ແລະ ເກີດເປັນໃບກຸ່ມແພຈຸລັງບາງສ່ວນບໍລິເວນຫຼົບປຸ່ມກຳເນີດໃບຍັງຮັກສາສະພາບເປັນແພຂະຫຍາຍທີ່ເອີ້ນວ່າ axil ເຮັດໜ້າທີ່ສ້າງຕາ (bud) ແລະ ກິ່ງກ້ານຕໍ່ໄປ ເຊິ່ງທັງສ່ວນທີ່ເປັນກິ່ງ ແລະ ຕາຍັງຄົງມີແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດຢູ່.

ຈາກການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ການປ່ຽນແປງຮູບຮ່າງຂອງແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດຈະໄດ້ຈຸລັງ ແລະ ແພຈຸລັງພືດທີ່ເປັນໂຄງສ້າງຂອງຕົ້ນພືດ (plant body) ເຊິ່ງເປັນການຈະເລີນເຕີບໂຕເພື່ອການຂະຫຍາຍຂະໜາດທັງທາງດ້ານກວ້າງ ແລະ ຍາວຂອງແກນ. ແນວໃດກໍ່ຕາມພືດສາມາດຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ຂະຫຍາຍຂະໜາດທາງດ້ານກວ້າງຂອງລຳຕົ້ນ ໂດຍເກີດຈາກການແບ່ງຈຸລັງຂອງແພຂະຫຍາຍຂັ້ນສອງເຊັ່ນ: vascular cambium ທີ່ມີການແບ່ງຕົວ ແລະ ປ່ຽນແປງຮູບຮ່າງຂອງຈຸລັງໄປເປັນ secondary xylem ແລະ secondary phloem ເຮັດໃຫ້ລຳຕົ້ນຂອງພືດເຫຼົ່ານີ້ມີເນື້ອໄມ້ ແລະ ເປັນເກີດຂຶ້ນເຊິ່ງຖືວ່າເປັນ secondary plant body, ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂັ້ນທີ່ສອງນີ້ມັກພົບຫຼາຍໃນລຳຕົ້ນຂອງພືດໃບລ້ຽງຄູ່ ແລະ ພວກ gymnosperms.



ຮູບທີ 4.8 ປາຍຍອດທີ່ມີປຸ່ມກຳເນີດໃບ (leaf primordia) ແລະ ການສ້າງຂໍ້ ແລະ ປ້ອງ

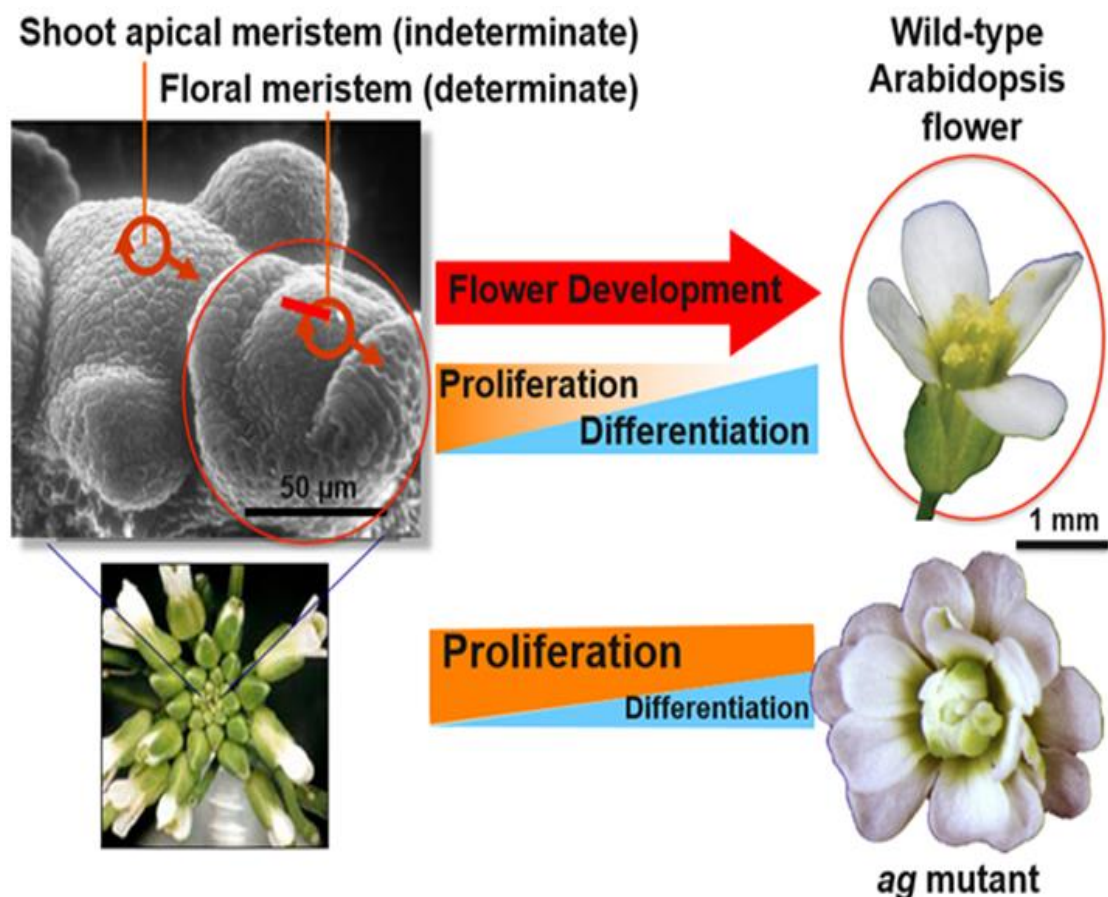
1.4. ໄລຍະເຍົາວະໄລຍະພັດທະນາການທາງລຳຕົ້ນ (juvenile or basic vegetative period)

ໂດຍທົ່ວໄປພືດຕ້ອງມີການຈະເລີນທາງລຳຕົ້ນໄລຍະໜຶ່ງກ່ອນທີ່ຈະມີຄວາມສາມາດທີ່ຈະພັດທະນາດ້ານການສືບພັນ ເອີ້ນໄລຍະນີ້ວ່າ Juvenile phase ຫຼື Basic Vegetative Period (BVP) ເຊິ່ງເປັນໄລຍະຫຼັງຈາກທີ່ເມັດງອກ ແລະ ພັດທະນາການຂອງຍອດຈະເລີນເພື່ອການສ້າງປຸ່ມກຳເນີດໃບຂຶ້ນເຖິງໄລຍະທີ່ຍອດຂະເລີນເລີ່ມປ່ຽນເປັນພັດທະນາການຂອງປຸ່ມກຳເນີດດອກ ໂດຍບໍ່ມີອິດທິພົນຂອງສະພາບແວດລ້ອມ, ແຕ່ເປັນຜົນເນື່ອງມາຈາກຄວາມແຕກຕ່າງທາງກຳມະພັນ. ໄລຍະ BVP ໃນພືດແຕ່ລະຊະນິດຈະແຕກຕ່າງກັນ ແລະ ບໍ່ສາມາດຮັບຮູ້ໄດ້ຢ່າງງ່າຍດາຍ, ກສຍພິຈາລະນາທີ່ເໝາະສົມຄືການໃຊ້ລັກສະນະການກຳເນີດດອກ, ສຳລັບໃນພືດບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ແອັບເປັນມີໄລຍະ 6-8 ປີ ໃນຂະນະທີ່ຕົ້ນສິນມີໄລຍະຕັ້ງແຕ່ 10-20 ປີ, ພືດບາງຊະນິດລັກສະນະທາງສັນຖານ ຫຼື ລັກສະນະຂອງໃບສາມາດໃຊ້ແຍກໄລຍະດັ່ງກ່າວໄດ້ເຊັ່ນ: ໃນຖິ່ນ *Phaseolus* ເມື່ອຢູ່ໃນໄລຍະ BVP ຈະສ້າງໃບດ່ຽວ ແຕ່ເມື່ອເຂົ້າສູ່ໄລຍະ adult ຈະສ້າງໃບປະສົມ, ສ່ວນໃນ ivy ເມື່ອພັດທະນາລຳຕົ້ນມຮ້ອງທີ່ຍາວກວ່າກິ່ງທີ່ສ້າງດອກ.

2. ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທາງການສືບພັນ

2.1. ພັດທະນາການຂອງດອກ (flower development)

ການອອກດອກເປັນຜົນມາຈາກການປ່ຽນແປງຂອງແພຂະຫຍາຍສ່ວຍປາຍຍອດ (shoot apical meristem) ຈາກການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທາງລຳຕົ້ນໄປສູ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການທາງການສືບພັນ ໂດຍເກີດການພັດທະນາຢ່າງເປັນລຳດັບ ແລະ ຕໍ່ເນື່ອງຂອງແພຂະຫຍາຍຂອງດອກ (floral meristem) ເພື່ອສ້າງໂຄງສ້າງດອກ (ຮູບ 4.9), ການອອກດອກສາມາດແບ່ງໄດ້ເປັນ 3 ໄລຍະຄື: ໄລຍະ induction, ໄລຍະ evocation ແລະ ໄລຍະ floral development.



ຮູບ 4.9 ແພຂະຫຍາຍຂອງດອກ (floral meristem) ເພື່ອສ້າງໂຄງສ້າງດອກ

2.1.1. ໄລຍະ induction ໝາຍເຖິງໄລຍະທີ່ພືດໄດ້ຮັບສັນຍານກະຕຸ້ນການປ່ຽນແປງຂອງພັດທະນາການ ສິ່ງຜົນເຮັດໃຫ້ແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດຈົດຈຳ ຫຼື ຮັບຮູ້ທີ່ຈະສ້າງປຸ່ມກຳເນີດດອກແທນການສ້າງປຸ່ມກຳເນີດໃບ, ເຊິ່ງສັນຍານກະຕຸ້ນການປ່ຽນແປງນີ້ບໍ່ຈຳເປັນທີ່ຈະຕ້ອງສ້າງ ຫຼື ເກີດຂຶ້ນບໍລິເວນແພຂະຫຍາຍປາຍຮາກ ໂດຍອາດຈະເກີດຢູ່ບໍລິເວນໃດຂອງພືດກໍໄດ້, ຕົວຢ່າງໜຶ່ງທີ່ສະແດງໄດ້ເຫັນຢ່າງຊັດເຈນຄືຊະບວນການເກີດດອກຂອງພືດທີ່ຕອບສະໜອງຕໍ່ຊ່ວງແສງ ສັນຍານກະຕຸ້ນການປ່ຽນແປງຖືກສ້າງຂຶ້ນທີ່ໃບ ເຊິ່ງເປັນສານທຳມະຊາດ ແລະ ມີການເຄື່ອນຍ້າຍສານກະຕຸ້ນການອອກດອກດັ່ງກ່າວໄປທີ່ປາຍຍອດ, ສານກະຕຸ້ນຈະເຮັດໜ້າທີ່ຊີ້ນຳໃຫ້ປາຍເກີດການປ່ຽນແປງ. ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີການສຶກສາອິດທິພົນຂອງ ຊ່ວງແສງຕໍ່ການອອກດອກ ແລະ ຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາທີ່ກ່ຽວຂ້ອງຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ ແລະ ເປັນເວລານານກວ່າ 70 ປີ ແຕ່ກໍຍັງມີຂໍ້ມູນບໍ່ພຽງພໍທີ່ຈະອະທິບາຍການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງສານກະຕຸ້ນຈາກໃບໄປສູ່ປາຍຍອດໄດ້ຢ່າງຊັດເຈນ.

2.1.2. ໄລຍະ evocation ເປັນປະກົດການທີ່ເກີດຂຶ້ນຢູ່ແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດ ໂດຍເກີດຂາກປະຕິກິລິຍາສຳພັນຂອງແຊນທີ່ຄວບຄຸມຢູ່ກ່ອນທີ່ແພຂະຫຍາຍກັບປັດໄຈສະພາບແວດລ້ອມທີ່ໄດ້ຮັບ ເຮັດໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງຂອງຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາ ແລະ ຊີວະເຄມີຂອງພືດ ສິ່ງຜົນໃຫ້ປາຍຍອກຮັບຮູ້, ຈົດຈຳ ແລະ ສ້າງປຸ່ມກຳເນີດດອກ (floral primordia) ແທນການສ້າງປຸ່ມກຳເນີດໃບຂາກກະບວນການເລັ່ງ (evocation) ໃຫ້ປາຍຍອດສ້າງປຸ່ມກຳເນີດດອກນັ້ນ ເຮັດໃຫ້ບໍລິເວນປາຍຍອດມີການປ່ຽນແປງຢ່າງຊັດເຈນທັງທາງດ້ານຊີວະໂມເລກຸນ, ລັກສະນະກາຍະວິພາກ ແລະ ລັກສະນະສັນຖານວິທະຍາ, ຂະບວນການປ່ຽນແປງເກີດຂຶ້ນຢ່າງຊັດເຈນເຊັ່ນ: ອັດຕາການຫາຍໃຈເພີ່ມຂຶ້ນ, ການປ່ຽນແປງການສັງເຄາະ RNA ແລະ ໂປຼຕິນບໍລິເວນປາຍຍອດ, ສິ່ງຜົນຕໍ່ການສະແດງອອກຂອງແຊນເຮັດໃຫ້ມີການປ່ຽນແປງທາງກຳມະພັນກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງແພຂະຫຍາຍພ້ອມກັບການປ່ຽນຮູບແບບ ແລະ ລະນາຍຂອງການແບ່ງຈຸລັງກໍໃຫ້ເກີດປຸ່ມກຳເນີດດອກ. ຈາກການສຶກສາເຖິງລະດັບໂມເລກຸນພົບວ່າມີການປ່ຽນຮູບແບບຂອງການສະແດງອອກຂອງແຊນໃນຫຼາຍສ່ວນຂອງແພຂະຫຍາຍ, ຂະນະທີ່ຈຸດການປ່ຽນແປງຈາກການພັດທະນາປາຍຍອດທາງລຳດັບເປັນພັດທະນາດອກ. ແນວໃດກໍຕາມຕວາມເຂົ້າໃຈໃນເລື່ອງດັ່ງກ່າວຕ້ອງມີການສຶກສາຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງຕໍ່ໄປ.

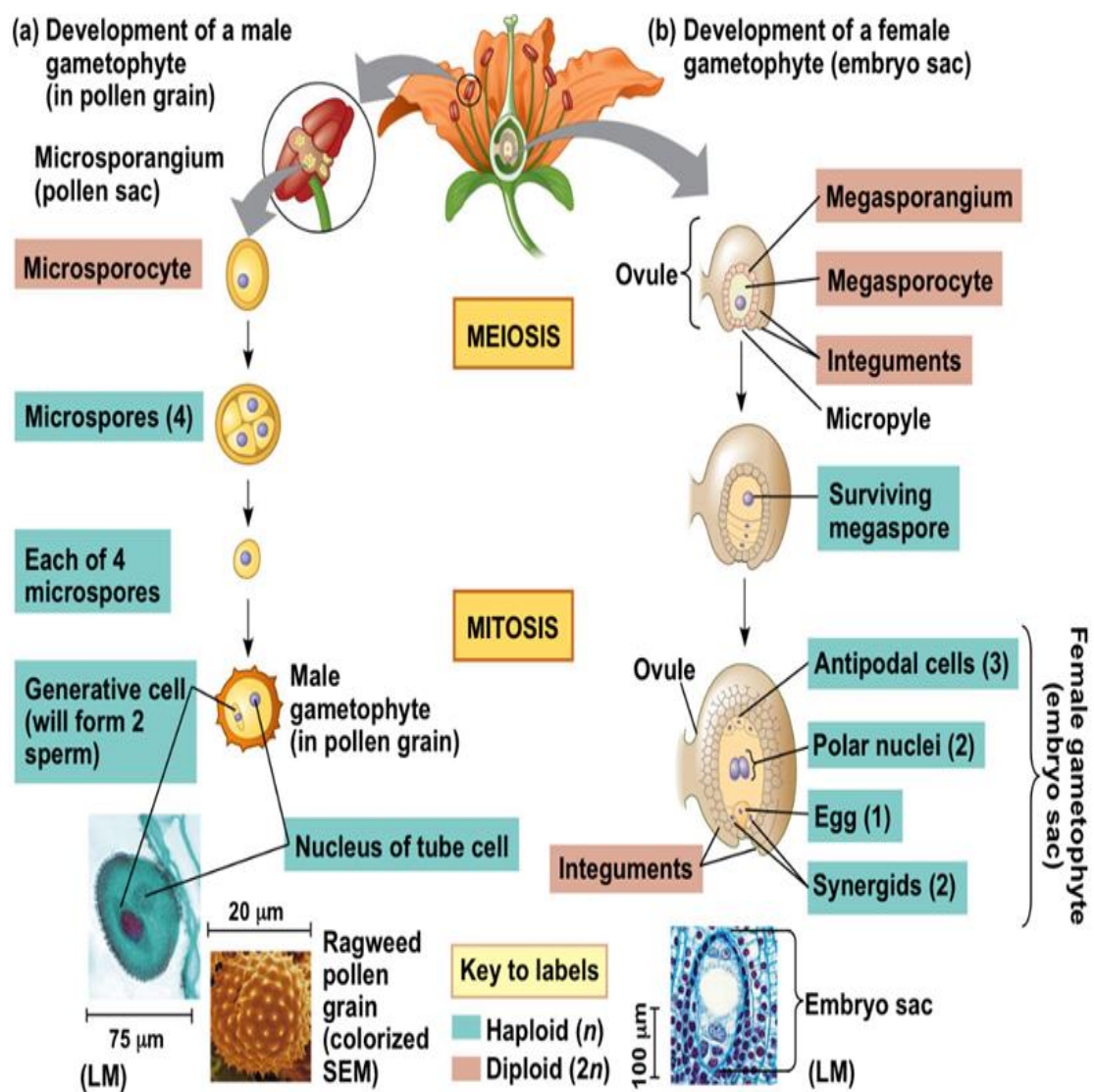
2.1.3. ໄລຍະ floral development ເປັນໄລຍະທີ່ເກີດຕໍ່ເນື່ອງຫຼັງຈາກປາຍຍອດໄດ້ຮັບສັນຍານການກະຕຸ້ນ, ພ້ອມທັງຮັບຮູ້ ແລະ ຈົດຈຳຄຳສັ່ງເພື່ອການປ່ຽນແປງແພຂະຫຍາຍປາຍຍອດ ໂດຍການແບ່ງຈຸລັງບໍລິເວນ floral meristem ໂດຍທີ່ລະນາຍຂອງການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ຮູບແບບການປ່ຽນແປງເພື່ອສ້າງປຸ່ມກຳເນີດດອກ. ເມື່ອປາຍຍອດເຖິງຈຸດທີ່ມີການປ່ຽນແປງດັ່ງກ່າວແລ້ວຈະບໍ່ສາມາດກັບໄປເປັນແພຈຸລັງທີ່ສ້າງປຸ່ມກຳເນີດໃບ, ເຊິ່ງມີການເຕີບໂຕແບບທອດຍອດ (indeterminate) ໃນຂະນະທີ່ແພຂະຫຍາຍຂອງດອກເປັນແບບບອທອດຍອດ (determinate), ຫຼັງຈາກພັດທະນາປຸ່ມກຳເນີດດອກແລ້ວຈະໄດ້ໂຄງສ້າງດອກທີ່ປະກອບດ້ວຍ:

- ສ່ວນທີ່ບໍ່ຈຳເປັນຕໍ່ການສືບພັນ ເຊິ່ງຈະລຽງຕໍ່ກັນເປັນແຖວປະກອບກັນເປັນດອກໄດ້ແກ່: ກົບລ້ຽງ (sepal) ແລະ ກົບດອກ (petal)
- ໂຄງສ້າງທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການສືບພັນໄດ້ແກ່:
 - ເກສອນເພດຜູ້ (stamen) ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍກ້ານຊູເກສອນເພດຜູ້ (filament) ແລະ ກົບເກສອນເພດຜູ້ ຫຼື ກົບເກສອນ (anther) ພາຍໃນທີ່ຖືກເກສອນເພດຜູ້ (pollen sac) ທີ່ບັນຈຸກຸ່ມຈຸລັງທີ່ເອີ້ນວ່າ microspore mother cell ເຊິ່ງແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ຈະເລີນໄປເປັນເກສອນເພດຜູ້ ຫຼື ລະອອກເກສອນ (pollen grain).
 - ເກສອນເພດແມ່ (carpel ຫຼື pistil) ທີ່ເປັນສ່ວນຂອງວົງດອກຊັ້ນໃນສຸດ ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍກ້ານຊູເກສອນເພດແມ່ (style) ແລະ ຮັງໄຂ່ (ovary) ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍຜະໜັງຮັງໄຂ່ (ovary wall) ພາຍໃນ

ບັນຈຸອ່ວນ (ovule) ທີ່ບັນຈຸຈຸລັງທີ່ເອີ້ນວ່າ megaspore mother cell ເຊິ່ງຈະແບ່ງຈຸລັງຕໍ່ໄປແບບ meiosis ແລະ ສ້າງສ່ວນສືບພັນເພດແມ່ຄື ໄຂ່ (egg).

2.2. ພັດທະນາການຂອງລະອອງເກສອນ (pollen development)

ຈຸລັງສືບພັນເພດຜູ້ຈະຖືກສ້າງຂຶ້ນໃນສ່ວນຂອງເກສອນເພດຜູ້ທີ່ຢູ່ພາຍໃນທິຖົງເກສອນ ເອີ້ນວ່າ microspore mother cell ຫຼື pollen mother cells (PMCs) ທີ່ອ້ອມຮອບດ້ວຍແພຈຸລັງທີ່ເອີ້ນວ່າ tapetum, ກັບເກສອນທີ່ກຳລັງພັດທະນາຈະມີການແບ່ງຕົວແບບໄມໂອຊິສຂອງ PMCs ເພື່ອສ້າງໄມໂຄຣສະປ໌ (microspore) ທີ່ເປັນແຮພລອຍ ($1n$) ແລະ ຕໍ່ມາພັດທະນາເປັນລະອອງເກສອນ (pollen grain) ເຊິ່ງເມື່ອແກ່ຈະມີຂອບຈຸລັງທີ່ໜ້າ ແລະ ມີຫຼາຍຊັ້ນ, ຈາກນັ້ນຈະມີການແບ່ງຈຸລັງແບບໄມໂຕຊິສໄດ້ຈຸລັງ 2 ຊະນິດຄື: ຈຸລັງຮ່າງກາຍ (vegetative cell) ເຊິ່ງພັດທະນາໄປເປັນທໍ່ນາລະອອກເກສອນ (pollen tube) ແລະ ຈຸລັງເພດຜູ້ (generative cell) ຈະແບ່ງຈຸລັງຕໍ່ມາ ແລະ ສ້າງເປັນສະເປີມ (sperm) ເຊິ່ງເປັນຈຸລັງສືບພັນເພດຜູ້ (ຮູບທີ 4.10)

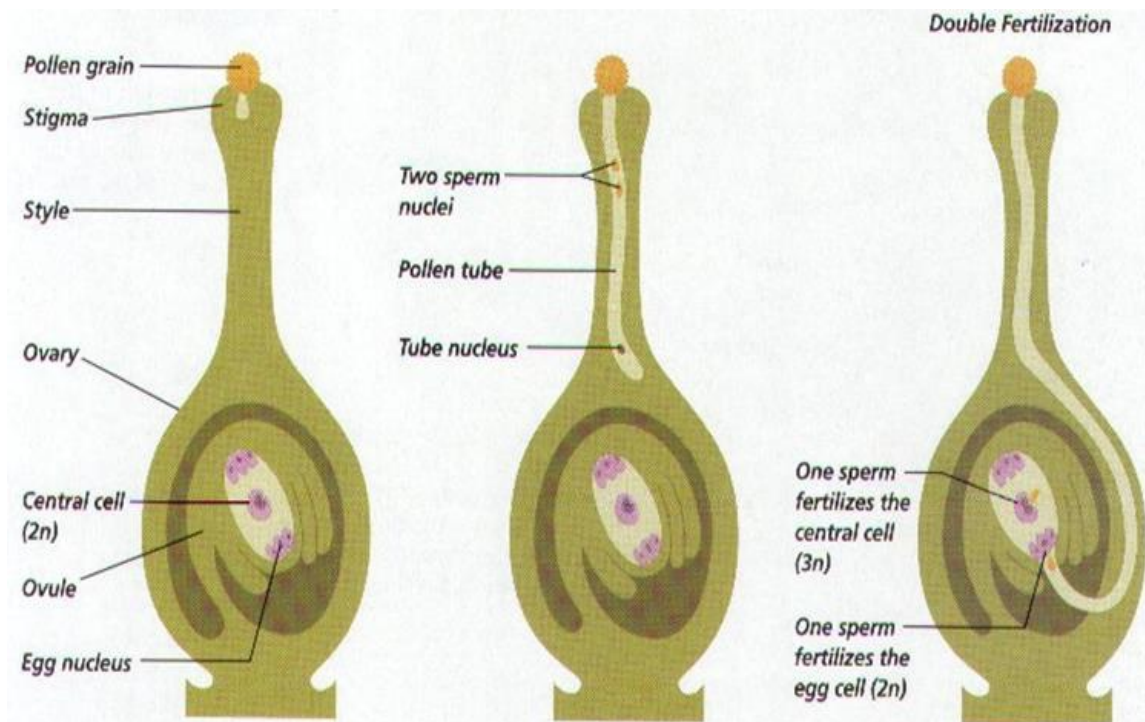


ຮູບທີ 4.10 ການພັດທະນາຂອງລະອອງເກສອນ ແລະ ຮັງໄຂ່ຂອງພືດອກ

2.3. ພັດທະນາການຂອງໄຂ່ (ovule development)

ຈຸລັງສືບພັນເພດແມ່ຖືກສ້າງໃນສ່ວນຂອງເກສອນເພດແມ່ (carpel ຫຼື pistil) ເຊິ່ງພາຍໃນຮັງໄຂ່ມີນິວເຄຍສ $2n$ ເຊິ່ງຈຸລັງໜຶ່ງຂະຫຍາຍຕົວ ແລະ ປ່ຽນແປງໄປເປັນ megaspore mother cell ($2n$) ແລະ ມີການແບ່ງຈຸລັງແບບໄມໂອຊິສເກີດເປັນຈຸລັງທີ່ເອີ້ນວ່າ megaspore (n) ຈຳນວນ 4 ຈຸລັງ, ໂດຍທົ່ວໄປ 3 ຈຸລັງທີ່ຢູ່ຕິດກັບ micropyle ຈະສະຫຼາຍຕົວໄປ ເຮັດໃຫ້ພຽງຈຸລັງດຽວທີ່ພັດທະນາຕໍ່ໄປໂດນຂະຫຍາຍຕົວປ່ຽນເປັນຖົງຮັບໄຂ່ (embryo sac) ຈາກນັ້ນນິວເຄຍສຂອງຈຸລັງຈະແບ່ງຕົວແບບໄມໂອຊິສ 3 ຄັ້ງຈົນໄດ້ 8 ນິວເຄຍສ ແລ້ວແຍກອອກເປັນ 2 ກຸ່ມ ໂດຍແບ່ງເປັນກຸ່ມລະ 4 ນິວເຄຍສ ທີ່ຢູ່ຄົນລະຂຶ້ນຂອງຈຸລັງ, ຕໍ່ມານິວເຄຍສ ໜຶ່ງອັນຂອງແຕ່ລະກຸ່ມຈະເຄື່ອນຕົວມາຢູ່ໃກ້ກັນບໍລິເວນກາງຈຸລງກາຍເປັນ polar nuclei 2 ນິວເຄຍສ, ອີກ 3 ນິວເຄຍສ ທີ່ຢູ່ກົງກັນຂ້າມກັບ micropyle ມີຂອບຈຸລັງມາຫຸ້ມ ແລະ ເອີ້ນຈຸລັງທັງສາມນີ້ວ່າ antipodal, ສ່ວນອີກ 3 ນິວເຄຍສ ທີ່ເຫຼືອເຊິ່ງຢູ່ໃກ້ກັບ micropyle ກໍ່ຈະມີຂອບຈຸລັງມາຫຸ້ມເຊັ່ນກັນ ໂດຍແຕ່ລະຈຸລັງມີໄຊໂຕພລາສຊິມພຽງເລັກໜ້ອຍ ແລະ ຈຸລັງໜຶ່ງທີ່ຢູ່ເຄິ່ງກາງເອີ້ນວ່າ egg cell, ສ່ວນຈຸລັງທີ່ຢູ່ດ້ານຂ້າງຂອງຈຸລັງໄຂ່ທັງສອງເອີ້ນວ່າ synergid (ຮູບທີ 4.10)

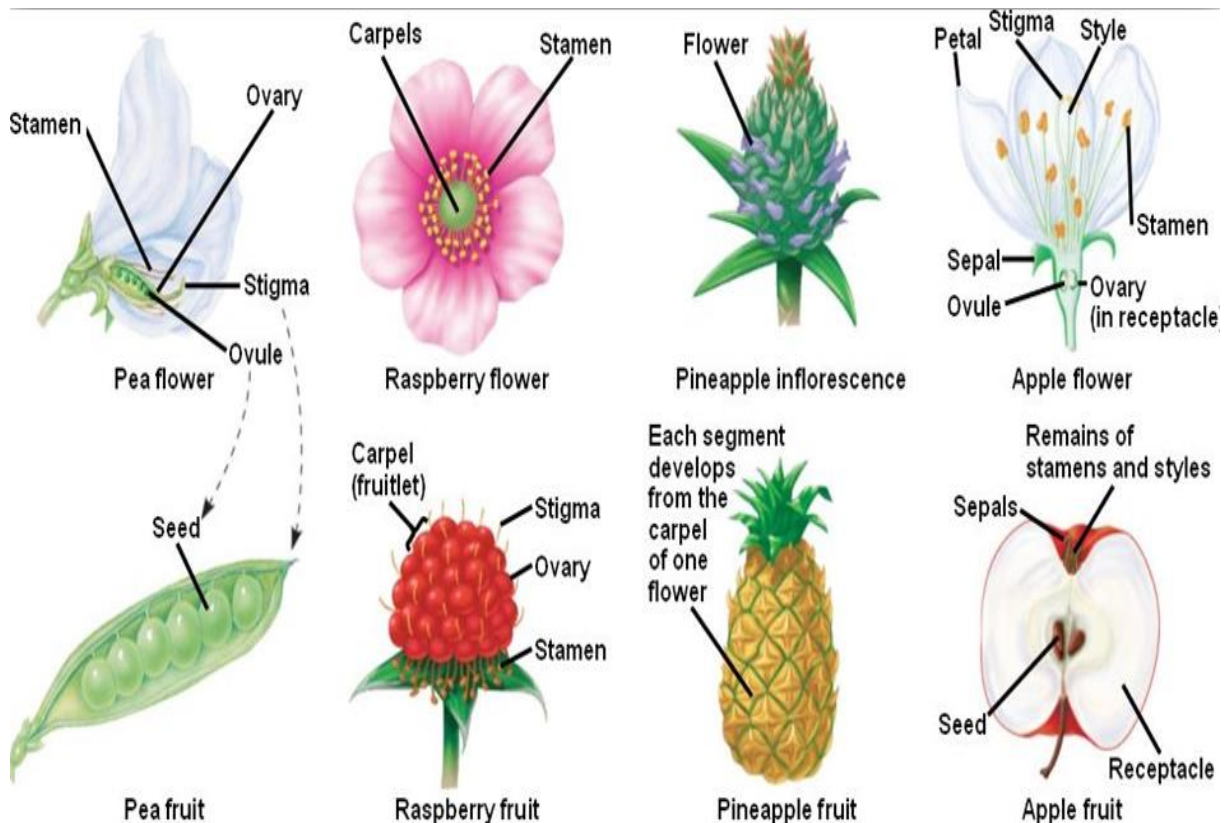
ໃນພືດຂຶ້ນສູງທີ່ມີດອກຂະເກີດຂະບວນການປະຕິສິນທິຊ້ອນ (double fertilization) ໂດຍການປະຕິສິນທິເລີ່ມຕົ້ນຈາກລະອອງເກສອນຕົກໃສ່ຍອດເກສອນເພດແມ່ ແລ້ວກໍ່ຈະສ້າງທໍ່ລະອອງເກສອນເພດຜູ້ງອກຜ່ານເຂົ້າໄປໃນຈຸລັງໃດຈຸລັງໜຶ່ງຂອງ synergids ທີ່ຢູ່ບໍລິເວນຖານຂອງຖົງຮັງໄຂ່, ທັນທີທີ່ເຂົ້າໄປຢູ່ໃນໄຊໂຕພລາສຊິມຂອງ synergid ແລ້ວສ່ວນປາຍຂອງທໍ່ນີ້ຈະປົດປ່ອຍຈຸລັງສືບພັນເພດຜູ້ທີ່ມີລັກສະນະເປັນແຮພລອຍອອກມາ 2 ຈຸລັງ, ສະເປີມຈຸລັງໜຶ່ງຈະໄປປະສົມກັບໄຂ່ເກີດເປັນໄຊໂກດ (zygote) ທີ່ມີນິວເຄຍສ ເປັນດີພລອຍ (diploid, $2n$) ແລະ ອີກຈຸລັງໜຶ່ງໄປລວມຕົວກັບ polar nuclei ທັງສອງຈຸລັງເກີດເປັນເອັນໂດສະເປີມທີ່ມີທຸ້ພລອຍ (triploid, $3n$) ເຊິ່ງໃນທີ່ສຸດຈະແບ່ງຕົວໄປເປັນແພຈຸລັງເອັນໂດສະເປີມອ້ອມຮອບແອັມບຼີໂອ (ໝໍລຸກ) ແລະ ມີບົດບາດສໍາຄັນໃນການເປັນແຫຼ່ງທາດອາຫານຂອງແອັມບຼີໂອໃນລະຫວ່າງຂະບວນການກໍາເນີດແອັມບຼີໂອໃນໄລຍະຕໍ່ມາຄື: ການພັດທະນາເປັນເມັດ ແລະ ການງອກຊອງເມັດຕໍ່ໄປ. (ຮູບທີ 4.11)



ຮູບທີ 4.11 ສະແດງລັກສະນະການປະຕິສິນທິຊ້ອນ (double fertilization)

2.4. ພັດທະນາການຂອງໝາກ (fruit development)

ໝາກ (fruit) ເປັນໄລຍະສຸດທ້າຍຂອງການພັດທະນາການດ້ານການສືບພັນ, ໂດຍສ່ວນຂອງຮັງໄຂ່ທີ່ປ່ຽນສະພາບ ແລະ ຈະເລີນເຕີບໂຕຫຼັງຈາກການໄດ້ຮັບປະຕິສິນທິ ແລ້ວພັດທະນາເປັນສ່ວນຂອງໝາກ ເຊິ່ງອາດມີສ່ວນປະກອບອື່ນໆຂອງດອກຂະເລີນລວມກັນຂຶ້ນມາເປັນສ່ວນຂອງໝາກດ້ວຍເຊັ່ນ: ຖານຮອງດອກເຊິ່ງຫໍ່ຫຸ້ມຮັງໄຂ່ຂອງດອກຊະນິດ inferior ovary ຕິດມາເປັນເປັນສ່ວນຂອງໝາກນຳໄດ້ແກ່: ໝາກຂອງຊົມພູ, ໝາກເດື່ອ, ແອັບເປີນ ແລະ ໝາກພິລາ, ໃບປະດັບໃນໝາກນັດ, ສ່ວນຊອງກົບລ້ຽງໄດ້ແກ່: ໝາກມັງຄຸດ, ລະມຸດ, ສີດາ ແລະ ໝາກມີ. ນອກຈາກໝາກທີ່ເກີດຈາກຮັງໄຂ່ທີ່ໄດ້ຮັບການປະຕິສິນທິແລ້ວໝາກບາງຊະນິດເກີດຂຶ້ນໂດຍດອກບໍ່ໄດ້ຮັບການປະສົມເດສອນ ເຊິ່ງອາດເກີດຈາກການກະຕຸ້ນຂອງຮໍໂມນພືດທີ່ມີຢູ່ພາຍໃນ ຫຼື ການກະຕຸ້ນຈາກພາຍນອກ ໄປເຮັດໃຫ້ຮັງໄຂ່ມີການພັດທະນາໄປເປັນໝາກເອີ້ນໝາກຊະນິດນີ້ວ່າ: ໝາກທຽມ ຫຼື parthenocarpic fruit ເຊິ່ງໝາກຊະນິດນີ້ເມີ້ແຂະເລີນເຕີບໂຕມາແລ້ວມັກບໍ່ມີເມັດ ເຊິ່ງໃນທາງພຶກສາສາດ ໝາກໝາຍເຖິງສ່ວນຂອງຮັງໄຂ່ທີ່ພັດທະນາ ແລະ ຈະເລີນເຕັມທີ່ແລ້ວ ຕົວຢ່າງ: ໝາກທີ່ເອີ້ນວ່າຝັກ ຫຼື pod ຂອງໝາກຖົ່ວ ແລະ ພວກທີ່ເອີ້ນວ່າເມັດ ຫຼື caryopsis ຂອງພືດຕະກູນຫຍ້າເຊັ່ນ: ເຂົ້າ, ເຂົ້າໂພດ, ເຂົ້າຟ້າງ ແລະ ອ້ອຍ ເປັນຕົ້ນ.



ຮູບທີ 4.12 ຮູບແບບພັດທະນາການຂອງໝາກ

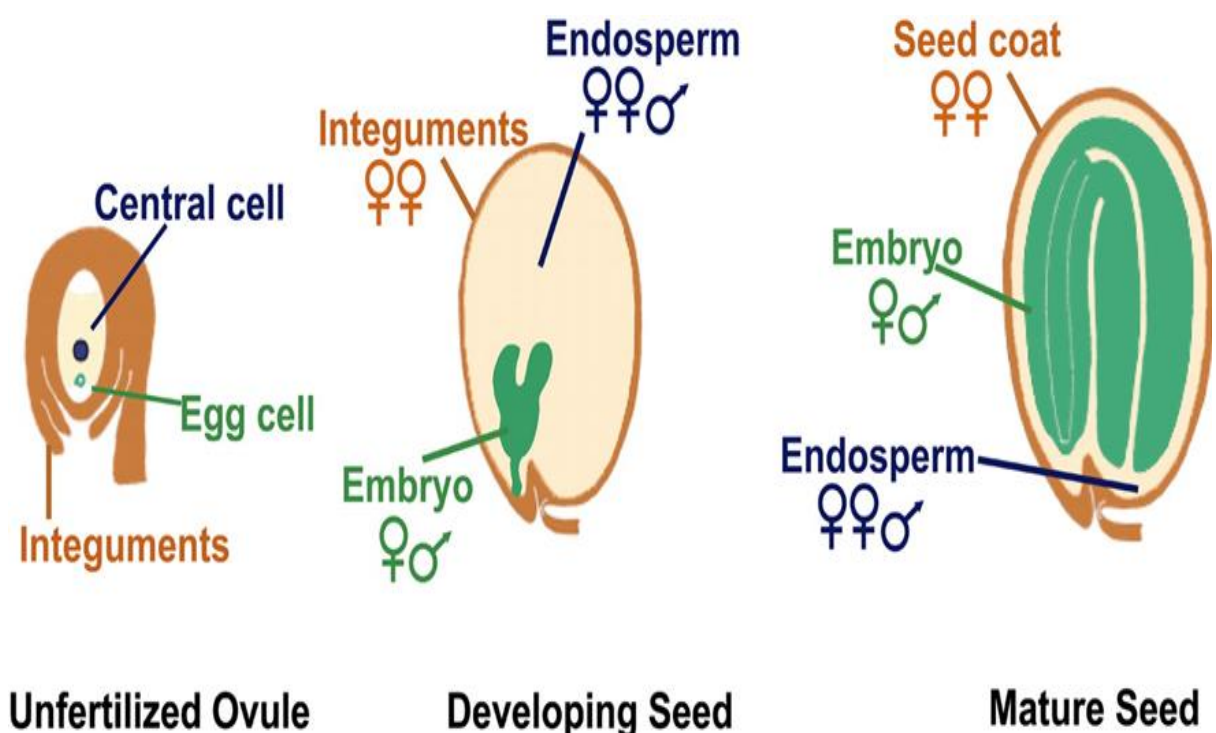
2.5. ພັດທະນາການ ແລະ ໂຄງສ້າງຂອງເມັດ (seed development or structure)

ເມື່ອເກີດການປະສົມເກສອນອ່ວນຈະພັດທະນາໄປເປັນເມັດຕໍ່ໄປ ແລະ ສ່ວນຂອງໄຂ່ທີ່ໄດ້ຮັບການປະສົມເປັນໄຊໂກດ ແລະ ມີຂະບວນການກຳເນີດແອັມບຼີໂອ (embryogenesis) ເພື່ອສ້າງແກນການຈະເລີນຂອງຕົ້ນພືດ (embryonic axis) ແລະ ໃບລ້ຽງ (cotyledon) ໂດຍແກນຕົ້ນພືດດ້ານໜຶ່ງຈະເປັນສ່ວນຂອງຍອດ (plumule) ເຊິ່ງຈະພັດທະນາເປັນຕົ້ນພືດຕໍ່ໄປ ແລະ ອີກດ້ານໜຶ່ງເປັນສ່ວນຂອງເຣດິເຄິລ (radicle) ເຊິ່ງພັດທະນາເປັນຮາກຕໍ່ໄປ. ໃນພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວມັກມີໃບລ້ຽງພຽງໃບດຽວເອີ້ນວ່າ scutellum ມີໜ້າທີ່ໃນການເຄື່ອນຍ້າຍ ແລະ ດູດ

ອາຫານໃຫ້ແກ່ເມັດໃນຂະນະທີ່ງອກ, ສ່ວນພືດໃບລ້ຽງຄູ່ມັກມີ 2 ໃບລ້ຽງເຮັດນ້ຳທີ່ເປັນແຫຼ່ງອາຫານໃຫ້ແກ່ເມັດໃນຂະນະທີ່ງອກ.

ໃນລະຫວ່າງທີ່ແອັມບຼີໂອມີພັດທະນາ ບໍລິເວນອ້ອມຮອບແອັມບຼີໂອຈະພັດທະນາແພຈຸລັງເປັນແຫຼ່ງອາຫານຂອງເມັດ ເອີ້ນວ່າ ເອັນໂດສະເປີມ (endosperm) ເຊິ່ງມີຂະໜາດໃຫຍ່ຂຶ້ນເລື້ອຍໆ ໂດຍສະເພາະໃນພືດພວກທັນຍາພືດ, ຂະນະດຽວກັນໃນສ່ວນດ້ານນອກຂອງອຸ່່ນ ຄື: integument ຈະພັດທະນາໄປເປັນສ່ວນທີ່ຫຸ້ມເມັດທີ່ເອີ້ນວ່າ ເຈ້ຍຫຸ້ມເມັດ (seed coat ຫຼື Testa). ອາຫານທີ່ສະສົມຢູ່ໃນເມັດປະກອບດ້ວຍມາດປະສົມພວກນາມັນ (oils), ໂປຼຕີນ (proteins) ແລະ ແປ້ງ (starch) ເຊິ່ງຖືກສະຫຼາຍເພື່ອນາມາໃຊ້ປະໂຫຍດໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕົ້ນອຸ່່ນ, ໃນພືດບາງຊະນິດອາດຈະບໍ່ສະສົມຢູ່ໃນແອັມບຼີໂອເອງ ແຕ່ຈະສະສົມຢູ່ໃນແພຈຸລັງທີ່ຢູ່ຕິດກັນເຊັ່ນ: ເອັນໂດສະເປີມ ແລະ ໃບລ້ຽງ, ໃນພືດໃບລ້ຽງຄູ່ຈະສະສົມໃນໃບລ້ຽງ, ເມັດທັນຍາພືດສະສົມໄວ້ໃນເອັນໂດສະເປີມໃນຂະນະທີ່ກຳເນີດແອັມບຼີໂອ ແຕ່ເອັນໂດສະເປີມເຫຼົ່ານີ້ຈະຕາຍໄປເມື່ອຈະເລີນເຕັມທີ່ແລ້ວ.

ດັ່ງນັ້ນເມັດປະກອບດ້ວຍແອັມບຼີໂອ ແລະ ແພຈຸລັງທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ສະສົມອາຫານຄື: ເອັນໂດສະເປີມ ແລະ ໃບລ້ຽງ, ເຊິ່ງຖືກຫຸ້ມໄວ້ດ້ວຍເຈ້ຍຫຸ້ມເມັດ (seed coat ຫຼື Testa), ເມື່ອສຸກແກ່ເມັດຫຼາຍຊະນິດມີການພັກຄົວ (dormancy) ຫຼື ຢ່າງໜ້ອຍທີ່ສຸດທີ່ລັກສະນະທີ່ເອີ້ນວ່າ quiescent ຄືມີໂຄງສ້າງທີ່ບໍ່ເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາເພື່ອໃຫ້ສາມາດຕ້ານທານຕໍ່ສະພາບແວດລ້ອມໄດ້, ເຊິ່ງພືດຂະສາມດງງອກໄດ້ກໍ່ຕໍ່ເມື່ອໄດ້ຮັບປັດໄຈສິ່ງແວດລ້ອມທີ່ເໝາະສົມ ແລະ ຂ້ອງຈ້າງຈຳເພາະ.



ຮູບທີ 4.13 ພັດທະນາການ ແລະ ໂຄງສ້າງຂອງເມັດ

III. ຮໍໂມນພືດ

ການເຕີບໂຕ (growth) ແລະ ການປ່ຽນສະພາບ (differentiation) ເຊິ່ງລວມເຖິງການພັດທະນາ (development) ຂອງພືດເປັນຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາທີ່ສັບຊ້ອນກ່ຽວຂ້ອງກັບຮໍໂມນພືດ (plant

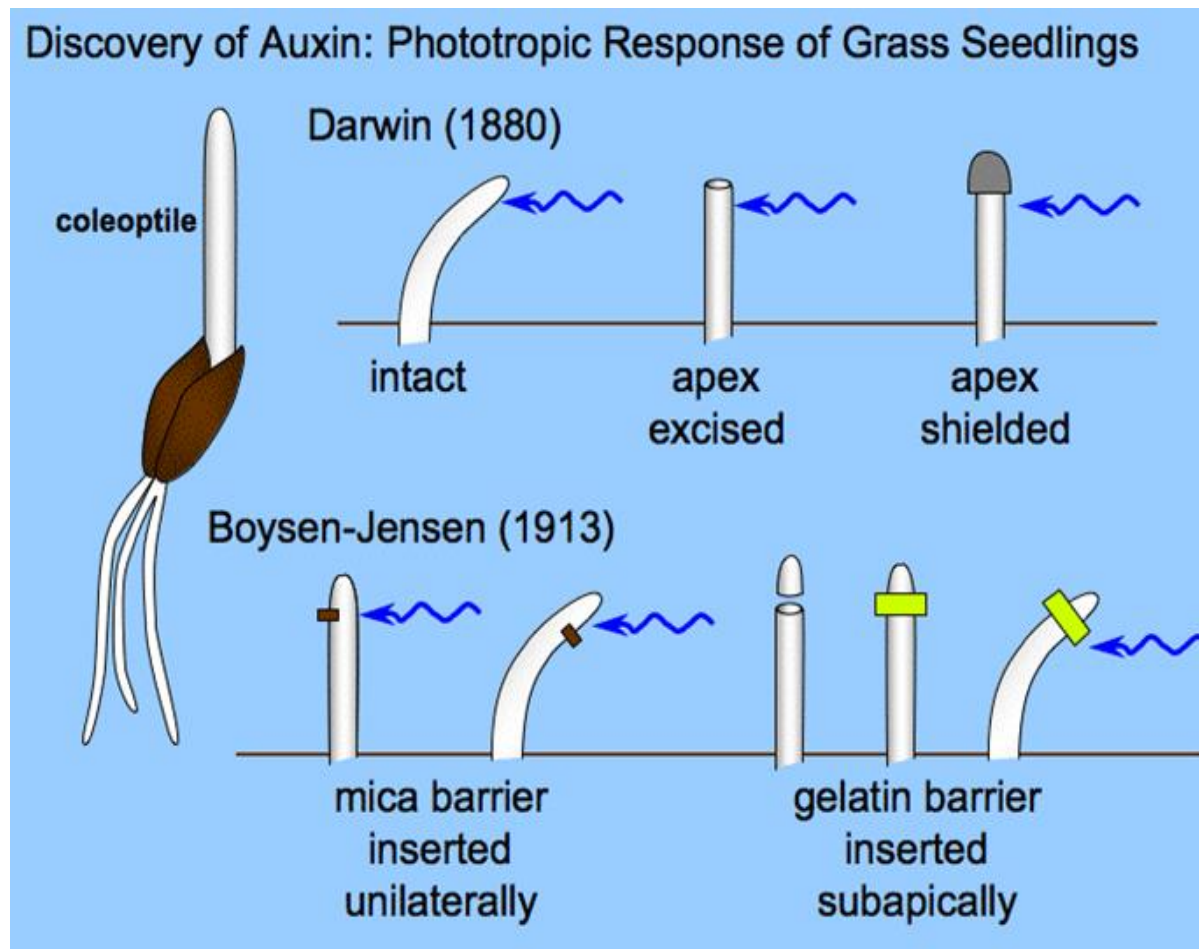
hormone ຫຼື phytohormones) ໂດຍມີບົດບາດໃນການຄວບຄຸມ ແລະ ພົບວ່າມີຢ່າງໜ້ອຍ 5 ກຸ່ມໄດ້ແກ່: ອອກຊິນ (Auxins), ໄຊໂຕກິນິນ (Cytokinin), ຈີບເບີຣີລິນ (gibberellins), ອາຊິດແອັບຊີສິກ (abscisic acid, ABA) ແລະ ເອທິລິນ (ethylene). ນອກຈາກນັ້ນຍັງພົບວ່າຍັງມີອີກຫຼາຍກຸ່ມທີ່ສາມາດກະຕຸ້ນການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດໄດ້ ເຊັ່ນ: brassinosteroids, jasmonates, salicylates ແລະ polyamines ເປັນຕົ້ນ.

ຮໍໂມນ ໂດຍທົ່ວໄປໝາຍເຖິງ “**ທາດປະສົມອົງຄະທາດທີ່ພືດສ້າງຂຶ້ນມາໄດ້ເອງຕາມທຳມະຊາດ ໃນປະລິມານທີ່ໜ້ອຍ ຫຼື ມີຄວາມເຂັ້ມຂົ້ນຕໍາ ແຕ່ສາມາດຄວບຄຸມ, ປ່ຽນແປງ ຫຼື ຢັບຢັ້ງຂະບວນການຕ່າງໆຂອງການເຕີບໂຕ ແລະ ການປ່ຽນສະພາບຂອງຕົ້ນພືດໄດ້**”

ຮໍໂມນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການຂອງພືດເຄື່ອນຍ້າຍໄດ້ພາຍໃນຕົ້ນພືດ ແລະ ມີອິດທິພົນຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ການປ່ຽນສະພາບຂອງຈຸລັງ, ແພຈຸລັງ ແລະ ອະໄວຍະວະ. ຮໍໂມນພືດຖືກສົ່ງເຄາະ ແລະ ມີບົດບາດໃນທີ່ເດີມເປັນສ່ວນໃຫຍ່ (ສ້າງບໍລິເວນໃດມີບົດບາດໃນບໍລິເວນນັ້ນ) ເຖິງວ່າບາງກໍລະນີອາດຈະມີຜົນຫ່າງອອກໄປຈາກຈຸດທີ່ມີການສັ່ງເຄາະທັງຍັງມີຜົນທີ່ບໍ່ຈຳເພາະຕໍ່ແພຈຸລັງ ຫຼື ອະໄວຍະວະໃດໆ ດັ່ງນັ້ນຈຶ່ງມີຜູ້ນິຍົມເອີ້ນຮໍໂມນພືດວ່າ: ສານກະຕຸ້ນ ຫຼື ສານຄວບຄຸມການເຕີບໂຕຂອງພືດ (plant growth regulators ຫຼື plant growth substances) ອົງປະກອບທາງເຄມີທີ່ແຕກຕ່າງກັນໃນຮໍໂມນພືດແຕ່ລະຊະນິດມີອິດທິພົນຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ການປ່ຽນສະພາບຂອງຈຸລັງ ແລະ ແພຈຸລັງພືດແຕກຕ່າງກັນໄປ.

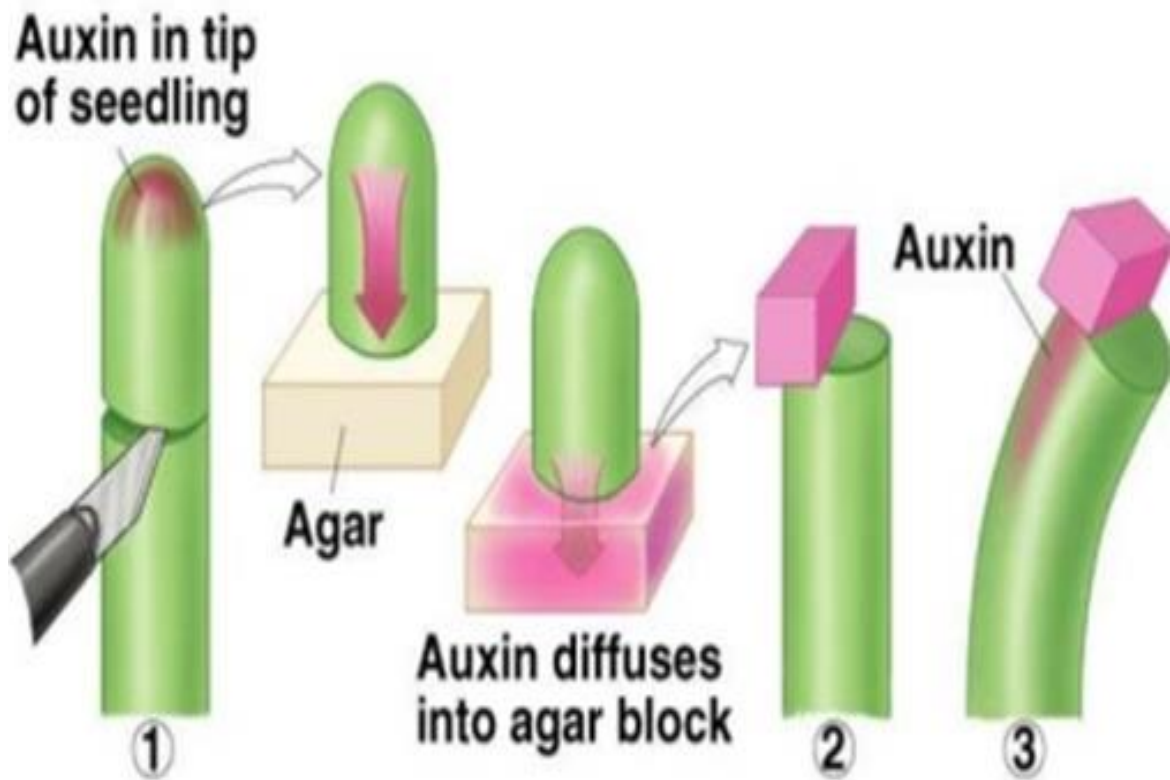
1. ຮໍໂມນອອກຊິນ (Auxins)

ອອກຊິນເປັນຮໍໂມນພືດເປະພຸດທຳອິດທີ່ນັກວິທະຍາສາດຄົ້ນພົບ ໂດຍຊາລດາວິນ (Charles Darwin, 1880) ເຊິ່ງເປັນບຸກຄົນທຳອິດທີ່ສັງເກດວ່າ ຍອດອ່ອນຂອງຕົ້ນກ້າຂອງຫຍ້າໃນໄລຍະທີ່ຍັງມີໂຄລີອອບໄທ (coleoptiles) ຫຸ່ມໃນອ່ອນຢູ່ນັ້ນໂຄ້ງເຂົ້າຫາແສງທີ່ໃຫ້ໃນທິດທາງດຽວ, ບໍລິເວນທີ່ເກີດການໂຄ້ງນັ້ນຈະເປັນບໍລະເວນໃຕ້ຍອດຂອງໂຄລີອອບໄທ, ນອກຈາກນັ້ນຍັງພົບວ່າຖ້າໃຊ້ເຈ້ຍສີດຳຫຸ່ມສ່ວນປາຍຂອງໂຄລີອອບໄທມັນຈະບໍ່ໂຄ້ງເຂົ້າຫາແສງ, ຖ້າຫຸ່ມບໍລິເວນໃຕ້ຍອດແຕ່ປ່ອຍໃຫ້ບໍລະເວນສ່ວນຍອດໄດ້ຮັບແສງ ໂຄລີອອບໄທຈະສາມາດໂຄ້ງເຂົ້າຫາແສງ (ດັ່ງຮູບ 4.14) ຄາວິນຈຶ່ງຕັ້ງສົມມຸດຖານວ່າຈະຕ້ອງມີສິ່ງຢ່າງເຊື່ອຕໍ່ລະຫວ່າງປາຍສຸດຂອງໂຄລີອອບໄທ ເຊິ່ງເປັນບໍລິເວນທີ່ໄວຕໍ່ແສງກັບບໍລິເວນຖັດຈາກສ່ວນປາຍມາ ເຊິ່ງເປັນບໍລິເວນທີ່ຈຸລັງຍືດຕົວຕອບສະໜອງຕໍ່ທິດທາງຂອງແສງ.



ຮູບ 4.14. ສະແດງຜົນການທົດລອງຂອງດາວິນ

ສົມມຸດຖານຂອງດາວິນໄດ້ຮັບການພິສູດໂດຍ Fritz Went ປີ ຄ.ສ 1928 ເຊິ່ງໄດ້ທົດລອງຕັດສ່ວນປາຍຂອງໂຄລີອອບໄທນຳໄປວາງເທິງຕ່ອນວຸ້ນ ແລ້ວນຳເອົາຕ່ອນວຸ້ນໄປວາງເທິງຮອຍຕັດຂອງໂຄລີ ອອບໄທໂດຍວາງໃຫ້ເຍື່ອງໄປໄປດ້ານໃດດ້ານໜຶ່ງ (ຮູບ 4.15) ປະກົດວ່າໂຄລີອອບໄທເກີດການໂຄ້ງໄດ້ເຖິງວ່າຈະຢູ່ໃນທີ່ມືດເນື່ອງຈາກຈຸໂລໄດ້ຮັບສານຈາກວຸ້ນຈະເລີນເຕີບໂຕຫຼາຍກວ່າອີກດ້ານໜຶ່ງ, Went ຈຶ່ງເອີ້ນສານປະກອບທີ່ສັງເກດຂຶ້ນທີ່ສ່ວນປາຍຂອງໂຄລີອອບໄທ ແລ້ວເຄື່ອນທີ່ລົງໄປສູ່ເນື້ອເຍື່ອສ່ວນຖັດລົງມາ ແລະ ກະຕຸ້ນໃຫ້ຈຸລັງຢຶດຕົວວ່າອອກຊິນ (auxin).

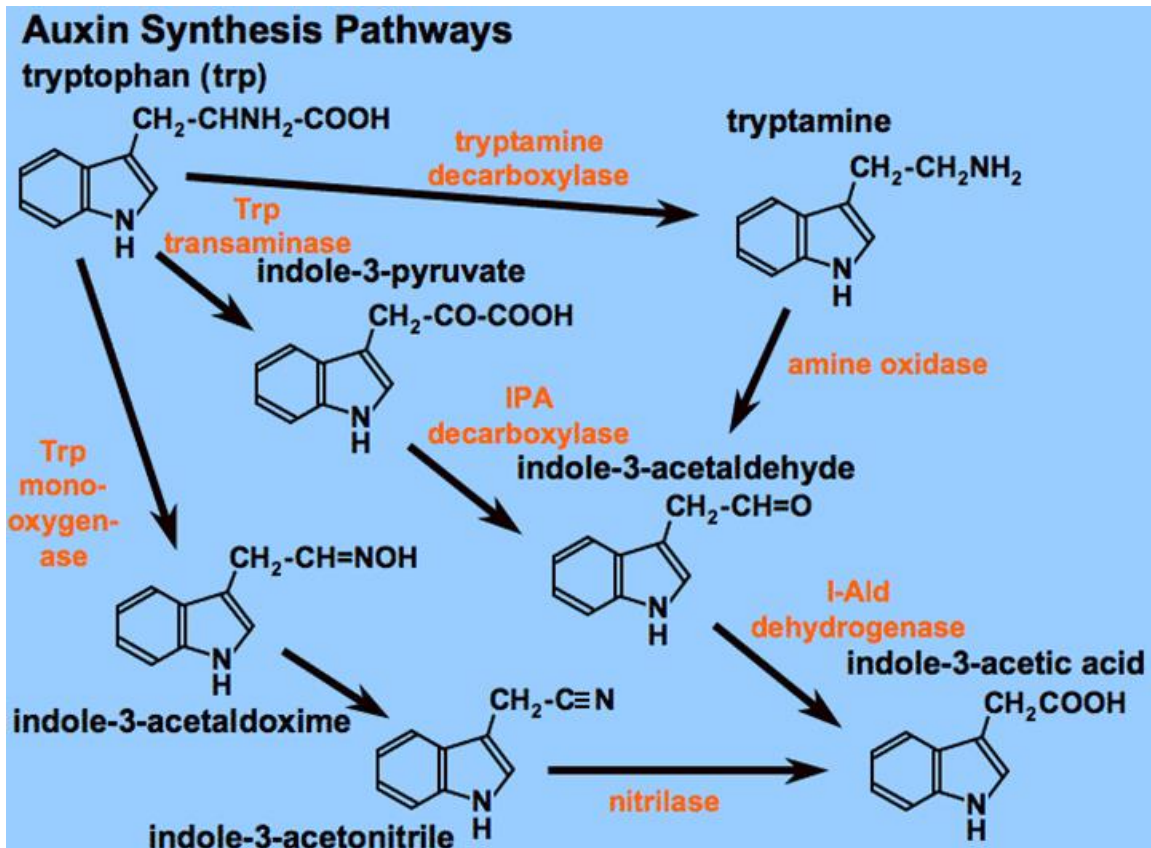


ຮູບ 4.15 ສະແດງຜົນການທົດລອງຂອງ Fritz Went

ອອກຊິນນອກຈາກຈະກະຕຸ້ນການຢຶດຕົວຂອງຈຸລັງໃນສ່ວນລຳຕົ້ນອ່ອນແລ້ວ ຍັງມີຜົນຕໍ່ຂະບວນການຈະເລີນ ແລະ ພັດທະນາອື່ນໆອີກຫຼາຍຢ່າງເຊັ່ນ: ການຂົ່ມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາຂ້າງ, ກະຕຸ້ນການແຕກຮາກຂອງກົງປັກຊຳ, ກະຕຸ້ນການຈະເລີນຂອງໝາກ, ກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງເປັນເນື້ອເຍື່ອລຳລຽງໂດຍກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງຂອງ Cambium ຫຼື Xylem, ການຕອບສະໜອງຕໍ່ທິດທາງຂອງແສງ ແລະ ແຮງໂນ້ມຖ່ວງ.

1.1 ການສັງເຄາະອອກຊິນໃນພືດ (synthesis of auxins)

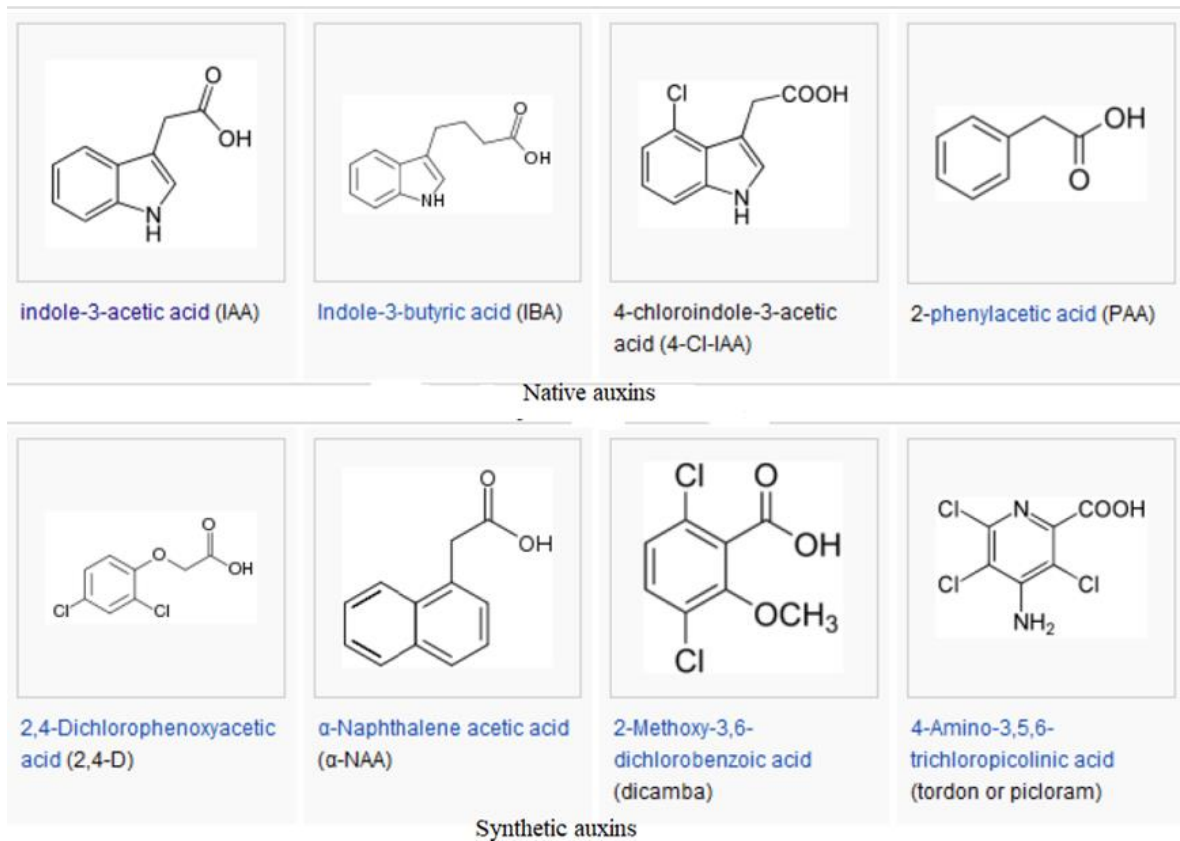
IAA (Indole-3-acetic Acid) ເປັນ endogenous auxins ຊະນິດໜຶ່ງ, ສ້າງມາຈາກອາມິໂນອາຊິດຊະນິດ tryptophan (ຮູບ 4.16) ເຊິ່ງເປັນທາດປະສົມທີ່ມີ indole nucleus ພົບທົ່ວໄປໃນແພຈຸລັງພືດທັງໃນຮູບທີ່ເປັນອິດສະຫຼະ ແລະ ລວມຕົວຢູ່ກັບໂປຼຕິນ.



ຮູບ 4.16 ສະແດງການສັງເກດ IAA ຈາກ tryptophan

ໃນພືດຂັ້ນສູງການສັງເກດ IAA ຈະເກີດ biosynthetic pathway ທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບ Indole-3-pyruvic Acid (IPA), Indole-3-acetonitrile Acid (IAN) ແລະ Indole-3-acetaldehyde Acid (IAAId) ເປັນສານ intermediates ໃນພືດບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ເຂົ້າໂອດ, ຢາສຸບ, ໝາກເລັ່ນ ແລະ ເຂົ້າບາເລ. ມີຫຼັກຖານວ່າ IAA ຖືກສັງເກດຈາກ tryptophan ຜ່ານທາງ tryptamine ແລະ IAAId, ແຕ່ໃນພືດບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ໝາກຖົ່ວ pea, bean, ກະຫຼ້າປີ ແລະ ໝາກບວບຈະບໍ່ມີ tryptophan pathway ທີ 3, ໃນພືດຕະກູນກະຫຼ້າປີ tryptamine ອາດຈະຖືກປ່ຽນໄປເປັນ Indole acetaldomine ໃນທີ່ສຸດເປັນ IAN ບໍ່ວ່າໂດຍທາງກົງ ຫຼື ຜ່ານທາງທາດປະສົມພວກ trigluside, glucobrassicin ກ່ອນປ່ຽນເປັນ IAN ເປັນ IAA ໂດຍເອີ້ນໄຊ nitrilase.

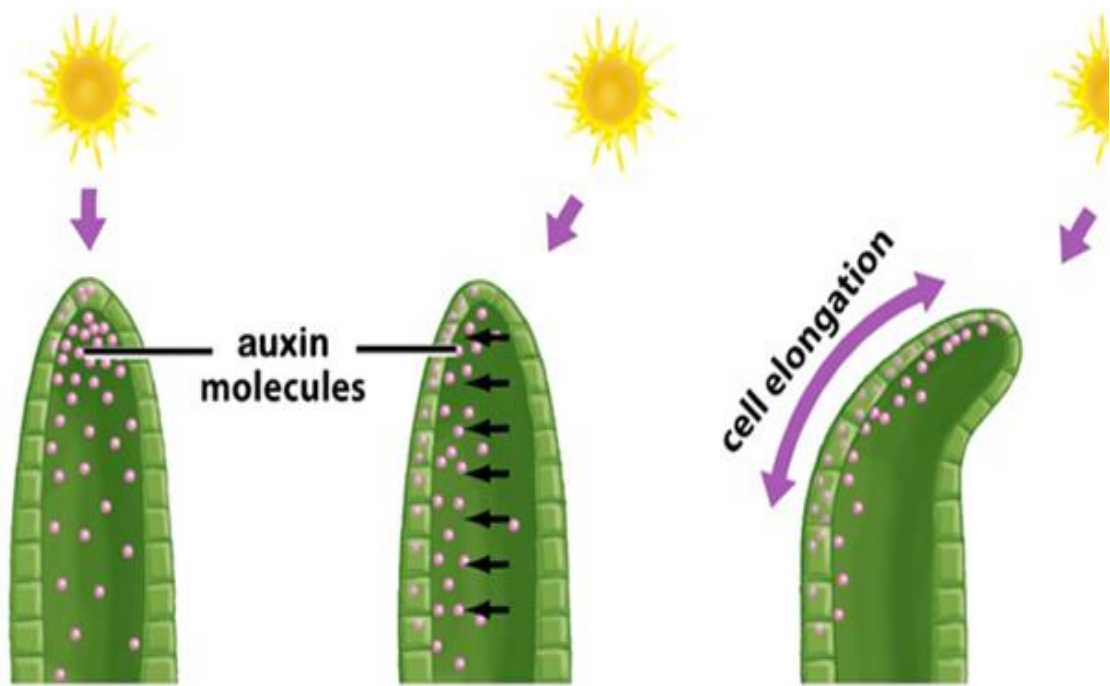
ນອກຈາກ IAA ແລ້ວຍັງມີທາດປະສົມພວກ indoles ອື່ນພາຍໃນພືດ ແລະ ອາດເປັນໄດ້ວ່າສານເຫຼົ່ານີ້ມີບົດບາດເປັນສານຕັ້ງຕົ້ນຂອງ IAA. ປະຈຸບັນພົບວ່າອອກຊິນມີການສັງເກດຂຶ້ນຄາມທຳມະຊາດ ໂດຍມີການສ້າງບໍລິເວນແພຊະຫຍາຍຂອງໃບອ່ອນ, ດອກ ແລະ ໝາກອ່ອນ ເຊັ່ນ: Indole-3-acetic Acid (IAA), ສ່ວນ Indole-3-butyric acid (IBA) ມີການສັງເກດຂຶ້ນ ແລະ ປະຈຸບັນສາມາດສະກັດໄດ້ຈາກເມັດ ແລະ ໃບເຂົ້າໂພດ ແລະ 4-chloroindole -3-acetic acid ຫຼື 4-chloro IAA ສະກັດໄດ້ຈາກເມັດພືດຕະກູນຖົ່ວ. ສ່ວນອອກຊິນທີ່ສາມາດສັງເກດໄດ້ເຊັ່ນ: Naphthalene acetic Acid (NAA), 2-methoxy-3,6-dichlorobenzoic acid (dicamba), 2,4-dichlorophenoxy acetic (2,4-D) ແລະ 2,4,5-trichloro phenoxy acetic acid (2,4,5-T) ເປັນຕົ້ນ (ຮູບ 4.17)



ຮູບ 4.17 ສະແດງໂຄງສ້າງຂອງອອກຊິນຈາກທຳມະຊາດ ແລະ ຈາກການສັງເກດ

ສຳລັບຮູບຮ່າງອອກຊິນໃນພືດມີ 2 ຮູບຮ່າງຄື: **Free auxins** ເຊິ່ງສາມາດກະຕຸ້ນຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາຂອງພືດໄດ້ທັນທີ, ອີກທັງຍັງງ່າຍຕໍ່ການສະກັດເຊັ່ນ: Indole-3-acetaldehyde, Indole-3-acetonitrile, Indole-3-ethanol, Indole-3-pyruvate acid ແລະ **bound auxins** ຍັງບໍ່ສາມາດກະຕຸ້ນຂະບວນການໃນພືດໄດ້ ເຊິ່ງອາດຈະຢູ່ໃນຮູບແບບ glucosides ຫຼື detoxification ເປັນ amino acid ຫຼື ໂປຼຕິນ ເຊິ່ງຕ້ອງເກີດການແຕກຕົວເປັນ Free auxins ກ່ອນຈິ່ງສາມາດກະຕຸ້ນຂະບວນການທາງສາລິລະວິທະຍາຂອງພືດ. ການສະຫຼາຍຕົວຂອງອອກຊິນໂດຍສະເພາະ IAA ສາມາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ໃນພືດ 2 ລັກສະນະໄດ້ແກ່: ການເກີດ enzymatic oxidation ຂອງ IAA ໂດຍເອີ້ນໄຊ IAA oxidase ແລະ ການເກີດ photooxidation ຂອງ IAA ເມື່ອຮັບແສງ, ເຊິ່ງພືດມັກມີຂະບວນການສະຫຼາຍຕົວຂອງອອກຊິນເພື່ອບໍ່ໃຫ້ເກີດການສະສົມອອກຊິນໃນຕົ້ນພືດຫຼາຍເກີນໄປ.

ການສະກັດອອກຊິນຈາກພືດສາມາດເຮັດໄດ້ໂດຍຕັດສ່ວນປາຍຂອງພືດແລ້ວນຳໄປວາງໄວ້ໃນວຸ້ນ ຫຼື ສະກັດດ້ວຍຕົວທຳລາຍອິນຊີເຊັ່ນ: diethyl ether ເມື່ອນຳອອກຊິນທີ່ສະກັດໄດ້ໄປໃຫ້ແກ່ພືດຈະເກີດການຕອບສະໜອງໃນຫຼາຍໆລັກສະນະ ລວມທັງເຮັດໃຫ້ໂຄລິອອບໄທໂຄ້ງໃນທິມິດຖ້າໃຫ້ອອກຊິນພຽງດ້ານດຽວ. ນອກຈາກນີ້ຍັງພົບວ່າປະລິມານການໂຄ້ງຂອງໂຄລິອອບໄທຈະເພີ່ມຂຶ້ນຕາມຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງອອກຊິນ, ສຳລັບຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງອອກຊິນກັບການໂຄ້ງເຂົ້າຫາແສງຂອງໂຄລິອອບໄທນັ້ນໄດ້ມີການທົດລອງສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ແສງເຮັດໃຫ້ເກີດການລຳລຽງອອກຊິນໃນແນວຂ້າງຈາກດ້ານທີ່ໄດ້ຮັບແສງໄປສູ່ດ້ານກົງກັນຂ້າມທີ່ບໍ່ມີແສງ (ຮູບ 4.18) ເຮັດໃຫ້ມີອອກຊິນໃນດ້ານທີ່ບໍ່ໄດ້ຮັບແສງຫຼາຍກວ່າ, ດັ່ງນັ້ນຈຸລັງດ້ານທີ່ບໍ່ໄດ້ຮັບແສງຈິ່ງຢຶດຕົວຫຼາຍກວ່າດ້ານທີ່ໄດ້ຮັບແສງ ເປັນຜົນເຮັດໃຫ້ໂຄລິອອບໄທໂຄ້ງເຂົ້າຫາແສງ.



ຮູບ 4.18. ແດງການເຄື່ອນທີ່ໜີແສງຂອງອອກຊິນ

ສ່ວນອອກຊິນທີ່ສັງເກດເຫັນເປັນການຄ້າໃນປະຈຸບັນມີຈຳນວນຫຼາຍ ຂຶ້ນຢູ່ກັບຈຸດປະສົງຂອງການນຳມາໃຊ້, ໂດຍສະເພາະການນຳມາໃຊ້ທາງການກະເສດເຊັ່ນ: ເລັ່ງການເກີດຮາກຂອງກິ່ງປັກຊຳ, ກະຕຸ້ນການເກີດດອກຂອງໝາກນັດ, ການຮ່ວງຂອງໃບ ແລະ ໝາກ, ການເກີດໝາກ ແລະ ເປັນສານກຳຈັດວັດຊະພິດ ເປັນຕົ້ນ. ເຊິ່ງອອກຊິນທີ່ສັງເກດເຫັນມີບົດບາດເຊັ່ນດຽວກັບອອກຊິນທີ່ພຶດສັງເກດແຕ່ມີໂຄງສ້າງທາງເຄມີແຕກຕ່າງກັນອອກໄປ ອາດແບ່ງອອກຊິນທີ່ສັງເກດເຫັນເປັນ 6 ກຸ່ມຄື:

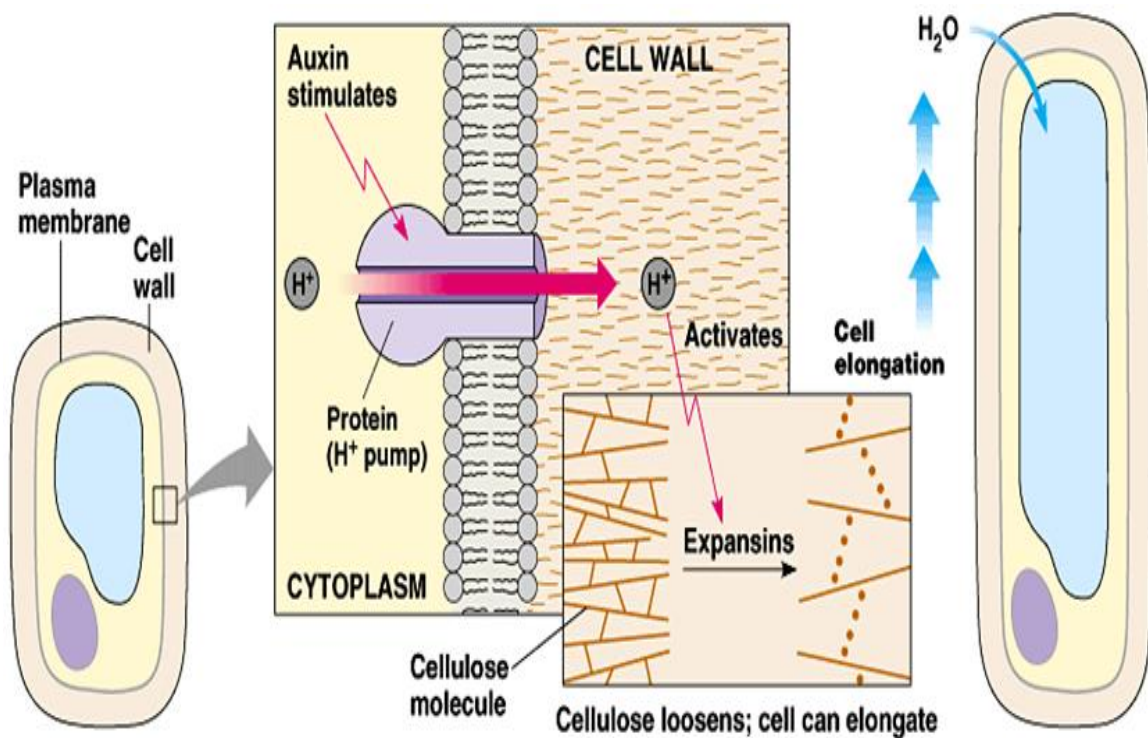
- 1) Indole derivative ເຊັ່ນ: Indole-3-acetic Acid (IAA) ແລະ Indole-3-butyric acid (IBA).
- 2) Benzoic acids ເຊັ່ນ: 2-methoxy-3,6-dichlorobenzoic acid ແລະ 2,3,6-trichlorobenzoic acid.
- 3) Naphthalene acids ເຊັ່ນ: α ແລະ β Naphthaleneacetic Acid.
 - 1) Chlorophenoxyacetic acid ເຊັ່ນ: 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) ແລະ 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T).
 - 2) Naphthoxyacetic acids ເຊັ່ນ: α ແລະ β NOA.
 - 3) Picolinic acids ເຊັ່ນ: 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid.

ອອກຊິນສັງເກດເຫັນໃນກຸ່ມ Chlorophenoxyacetic acid ແລະ Picolinic acids ໃນທາງການກະເສດມີຢືມໃຊ້ເປັນສານຄວບຄຸມວັດຊະພິດຢ່າງແພ່ຫຼາຍ ໂດຍສະເພາະ 2,4-D ແລະ 2,4,5-T ເຊິ່ງໃຊ້ເປັນສານກຳຈັດວັດຊະພິດໃບກວ້າງມາເປັນເວລາດົນນານ, ເນື່ອງຈາກມີສະຖຽນລະພາບສູງ ແລະ ສາມາດຄວບຄຸມວັດຊະພິດເມື່ອໃຊ້ໃນຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຕ່ຳ, ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມໃນການນຳ 2,4-D ແລະ n-butyl ester ຂອງ 2,4,5-T ມາປະສົມໃຊ້ໃນສົງຄາມຫວຽດນາມທີ່ເອີ້ນວ່າ: ຝົນເຫຼືອງ (agent orange) ກໍ່ເປັນອັນຕະລາຍຕໍ່ມະນຸດ.

1.1 ບົດບາດ ແລະ ຜົນຂອງອອກຊິນຕໍ່ພັດທະນາການ ແລະ ການເຕີບໂຕ

1.1.1 ການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງ (cellular elongation)

ການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງເປັນຂັ້ນຕອນທີ່ເຮັດໃຫ້ເກີດການຈະເລີນເຕີບໂຕ, ສ່ວນໃຫຍ່ການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງຈະເກີດຂຶ້ນໃນບໍລິເວນຖັດຈາກປາຍຍອດ (coleoptile) ຫຼື ປາຍຮາກເຂົ້າມາປະມານ 5-6 ມິນລິແມັດ, ການທີ່ຈຸລັງພືດຍືດຕົວໄດ້ຈະຕ້ອງມີການປ່ຽນແປງຫຼາຍຂັ້ນຕອນຄື: ຕ້ອງມີແຮງດັນເຮັດໃຫ້ຜະໜັງຍືດຕົວ ແຮງດັນນີ້ຄືແຮງຕັ້ງຕົງເຊິ່ງເກີດຈາກຈຸລັງດູດນ້ຳເຂົ້າໄປໂດຍອອສໂມຊິສ ເຮັດໃຫ້ແວຄິວໂອນ ແລະ ໂຟໂທຟລາສຊິມຍືດຕົວແລ້ວດັນໃຫ້ຂອບຈຸລັງໃຫ້ຍືດຕົວອອກ ແຕ່ການທີ່ຂອບຈຸລັງຈະຍືດຕົວໄດ້ຈະຕ້ອງມີການປ່ຽນແປງພັນທະເຄມີລະຫວ່າງໂມເລກຸນທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງຂອບຈຸລັງ ເຮັດໃຫ້ເກີດການອ່ອນຕົວຂອງຂອບຈຸລັງຈາກນັ້ນຈະມີການສັງເຄາະອົງປະກອບຂອງຂອບຈຸລັງ ເຮັດໃຫ້ເກີດການອ່ອນຕົວຂອງຂອບຈຸລັງຈາກນັ້ນຈະມີການສັງເຄາະອົງປະກອບຂອງຂອບຈຸລັງພາຍໃນໄຊໂທຟລາສຊິມ ແລ້ວລ່າລຽງອອກມາທີ່ຂອບຈຸລັງເພື່ອບໍ່ໃຫ້ຂອບຈຸລັງທີ່ຍືດອອກມານັ້ນບາງລົງ. ຈາກການທົດລອງໃຊ້ອອກຊິນກະຕຸ້ນການຍືດຕົວຂອງໂຄລິອອບໄທຂອງເຂົ້າໄອັດ ແລະ ຈຸລັງບໍລິເວນປ້ອງຂອງຖົ່ວລັນເຕົາພົບວ່າອອກຊິນກະຕຸ້ນການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງໂດຍກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການປັ່ນໂປຼຕອນ (H^+) ຈາກໄຟໂຟລາສອອກສູ່ຂອບຈຸລັງເຮັດໃຫ້ຂອບຈຸລັງມີສະພາບເປັນກົດ (ຮູບ 4.19) ສະພາບທີ່ເປັນກົດ (pH ປະມານ 5,5) ຈະກະຕຸ້ນກົດຈະກຳຂອງເອັນໄຊທີ່ຄະຕະໄລການສະຫຼາຍພັນທະເຄມີທີ່ຍືດໜ່ວງສານປະກອບຕ່າງໆທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງຂອບຈຸລັງເຊັ່ນ: ແຊລລູໂລສ ໄຊໂລກລູແຄນ ເຮັດໃຫ້ຂອບຈຸລັງອ່ອນຕົວລົງແຮງດັນຕັ້ງຕົງພາຍໃນຈຶ່ງດັນໃຫ້ຈຸລັງຍືດຕົວອອກໄດ້, ສົມມຸດຖານທີ່ອະທິບາຍການຄວບຄຸມການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງໂດຍອອກຊິນນີ້ເອີ້ນວ່າ acid growth hypothesis ການຕອບສະໜອງນີ້ຈະເກີດໄວຫຼາຍພາຍໃນເວລາພຽງ 20 ນາທີ ຫຼັງຈາກໄດ້ຮັບອອກຊິນຈະສາມາດວັດຄວາມເປັນກົດທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ຊິ້ນເນື້ອເຍື່ອຈະເລີ່ມຍືດຕົວ.



ຮູບ 4.19 ການຍືດຕົວຂອງຈຸລັງທີ່ຕອບສະໜອງຕໍ່ອອກຊິນ (acid growth hypothesis)

ຂັ້ນຕອນທີ່ມີຜົນຕໍ່ການຍົດຍາວຂອງຈຸລັງ ມີຄື:

- 1) ການຫຼຸດລົງຂອງແຮງດັນທາງທີ່ຂອງຈຸລັງ, ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນເນື່ອງຈາກການແຕກຂອງ monovalent ລະຫວ່າງ xyloglucans ແລະ cellulose ໃນຂອງຈຸລັງ.
- 2) ເກີດການປ່ຽນແປງຂອງນ້ຳພາຍໃນຈຸລັງ ເນື່ອງຈາກຄ່າ pressure potential ຫຼຸດລົງສົ່ງຜົນໃຫ້ຄ່າ water potential ມີຄ່າລົບຫຼາຍຂຶ້ນ ເຖິງວ່າ osmotic potential ຂອງຈຸລັງຈະບໍ່ປ່ຽນແປງກໍຕາມ.
- 3) ການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳເຂົ້າສູ່ຈຸລັງເນື່ອງຈາກການຫຼຸດລົງຂອງ water potential ແລະ ເກີດການຂະຫຍາຍຂະໜາດຂອງຈຸລັງ
- 4) ເມື່ອການຂະຫຍາຍຂະໜາດຂອງຈຸລັງສົມບູນກໍຈະມີການເຊື່ອມກັນຂອງ cellulose ແລະ polysaccharides ເຊິ່ງຂະບວນການນີ້ບໍ່ສາມາດຜັນກັບໄດ້.

1.1.2 ການແບ່ງຈຸລັງ (cell division)

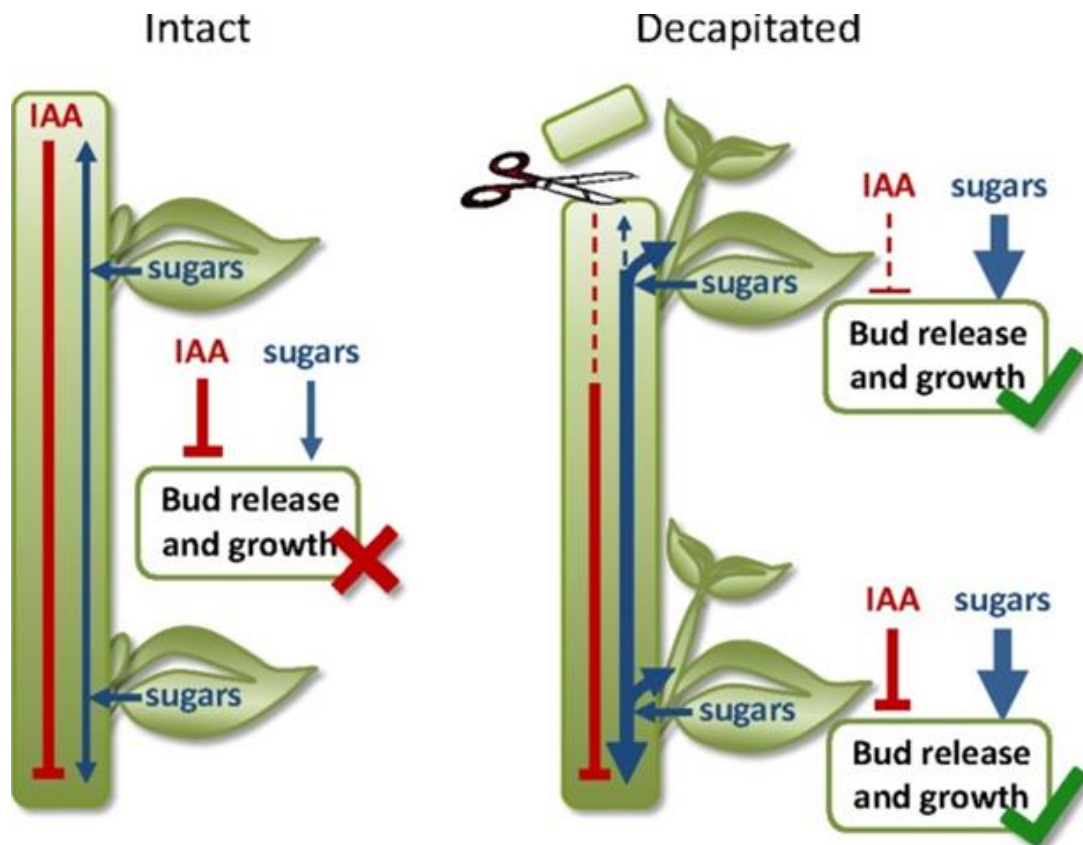
ການສຶກສາໂດຍ Skoog ແລະ ຄະນະ (1950) ໂດຍສຶກສາຜົນຂອງຮໍໂມນຕໍ່ການສັງເຄາະດີເອັນເອ ແລະ ການແບ່ງຈຸລັງໃນການເພາະລ້ຽງເນື້ອເຍື່ອພາເຮັນໄຄມາຂອງແກນລຳຕົ້ນຢາສູບ, ພົບວ່າຕ້ອງການອອກຊິນໃນການສັງເຄາະດີເອັນເອ ແລະ ໄມໂຕຊິສ, ແຕ່ໄມໂຕຊິສ ແລະ ໄຊໂຕໄຄເນຊິສຈະເກີດຂຶ້ນກໍຕໍ່ເມື່ອໄດ້ຮັບໄຊໂຕໄຄນິນໃນລະດັບທີ່ເໝາະສົມເທົ່ານັ້ນ ເຊິ່ງທ່ານໄດ້ຊີ້ວ່າອອກຊິນໜ້າຈະກະຕຸ້ນການສັງເຄາະດີເອັນເອ, ແຕ່ບໍ່ຈະເປັນຕ້ອງມີໄມໂຕຊິສ ຫຼື ໄຊໂຕໄຄເນຊິສຕາມມາ ແລະ ໄຊໂຕໄຄນິນໜ້າຈະມີຜົນໂດຍກົງຕໍ່ໄມໂຕຊິສ ຫຼື ໄຊໂຕໄຄເນຊິສ. ແນວໃດກໍຕາມຍັງບໍ່ເປັນທີ່ເຂົ້າໃຈຊັດເຈນກ່ຽວກັບບົດບາດໃນການກະຕຸ້ນການສັງເຄາະດີເອັນເອ, ເຖິງວ່າຈະມີຫຼັກຖານຊີ້ວ່າອອກຊິນໜ້າຈະມີຜົນກະຕຸ້ນການເຮັດວຽກຂອງເອັນໄຊ DNA polymerase ກໍຕາມ, ດັ່ງນັ້ນອອກຊິນຈຶ່ງໜ້າຈະມີບົດບາດໃນການສັງເຄາະດີເອັນເອ. ໃນດອກຜ່ານຕາເວັນເມື່ອເດັດຍອດຖິ້ມຈະບໍ່ມີການແບ່ງຈຸລັງເກີດຂຶ້ນໃນ fascicular cambium ບໍລິເວນປ້ອມທີ່ຢູ່ເທິງສຸດ, ໃນຂະນະດຽວກັນການເກີດ interfascicular cambium ກໍຖືກຢັບຢັ້ງ ແລະ ເມື່ອທາດວຍອອກຊິນທີ່ປະສົມກັບລາໂນລິນ (lanolin) ບໍລິເວນຍອດທີ່ຖືກຕັດອອກໄປຈະພົບວ່າມີການແບ່ງຈຸລັງຂອງແຄມບຽມບໍລິເວນຮອຍຕັດທີ່ບໍ່ມີຍອດ ແລະ ເກີດ secondary thickening ໄດ້. ໃນສະພາບທຳມະຊາດອອກຊິນຈະຖືກສ້າງຂຶ້ນທີ່ປານຍອດແລ້ວສົ່ງມາຄວບຄຸມຫານແບ່ງຕົວຂອງແຄມບຽມ.

1.1.3 ການເຕີບໂຕຂອງຕາຂ້າງ (axillary bud growth)

ໃນພືດຂັ້ນສູງໂດຍທົ່ວໄປຕາຂ້າງ (interal buds ຫຼື axillary buds) ຈະຖືກຢັບຢັ້ງໄວ້ບໍ່ໃຫ້ຈະເລີນເຕີບໂຕ, ຕາຂ້າງທີ່ຢັບຢັ້ງຢູ່ໄກ່ຕາຍອດ (apical bud) ຫຼາຍກໍຍັງຖືກຢັບຢັ້ງຫຼາຍ ແລະ ຖ້າຕັດຕາຍອດອອກຕາຂ້າງຈະຈະເລີນໄປເປັນກິ່ງຢ່າງໄວວາເອີ້ນປະກົດການທີ່ຕາຍອດຂີ້ມຕາຂ້າງວ່າ ການຂີ້ມໂດຍຕາຍອດ (apical dominance) ເຊິ່ງມະນຸດສັງເກດພົບມາດົນນານແລ້ວ ແລະ ນຳມາປະຍຸກໃຊ້ໃນການຕັກແຕ່ງຕົ້ນໄມ້ໃຫ້ເປັນຟຸ່ມ, ຕໍ່ມານັກວິທະຍາສາດຈຶ່ງຮູ້ວ່າການທີ່ຕາຍອດຂີ້ມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາຂ້າງໄດ້ເພາະຕາຍອດຜະລິດອອກຊິນເຊິ່ງເຄື່ອນທີ່ລົງມາຢັບຢັ້ງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາຂ້າງ.

ກົນໄກທີ່ອອກຊິນຢັບຢັ້ງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາຂ້າງມີຫຼາຍສົມມຸດຖານທີ່ອະທິບາຍຄື: ສົມມຸດຖານໜຶ່ງກ່າວວ່າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງອອກຊິນທີ່ເໝາະສົມ (optimum concentration) ໃນການກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງເນື້ອເຍື່ອຕ່າງໆນັ້ນບໍ່ເທົ່າກັນ ໂດຍເນື້ອເຍື່ອຂອງຮາກຈະຕ້ອງການຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງອອກຊິນຕຳ່ສຸດ ແລະ ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງອອກຊິນທີ່ເໝາະສົມສຳລັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງລຳຕົ້ນຈະຢັບຢັ້ງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາ ແລະ ຮາກ (ຮູບ 4.9) ໃນສ່ວນຂອງລຳຕົ້ນ, ຕາຍອດ ແລະ ໃບອ່ອນຜະລິດອອກຊິນໃນປະລິມານສູງເຊິ່ງເຄື່ອນທີ່ລົງສູ່ດ້ານລຸ່ມ, ດັ່ງນັ້ນຕາຂ້າງທີ່ຢູ່ໄກ່ຕາຍອດຈຶ່ງໄດ້ຮັບອອກຊິນໃນປະລິມານສູງຫຼາຍຈົນເກີດການຢັບຢັ້ງການຈະເລີນເຕີບໂຕ. ອີກສົມມຸດຖານໜຶ່ງກ່າວວ່າການທີ່ຕາຍອດຍອດອ່ອນ ແລະ ໃບອ່ອນມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ

ຂອງອອກຊິນສູງຈະຊັກນຳໃຫ້ເກີດການລຳລຽງອາຫານ ແລະ ຮໍໂມນໄຊໂຕໂຄນິນໄປສູ່ບໍລິເວນຍອດຫຼາຍ ສະນັ້ນສ່ວນຂອງຕາຂ້າງຈຶ່ງຂາດແຄນອາຫານ ແລະ ຮໍໂມນໄຊໂຕໂຄນິນເຊິ່ງເປັນຮໍໂມນທີ່ຊັກນຳໃຫ້ເກີດການແບ່ງຈຸລັງ. ອີກສົມມຸດຖານໜຶ່ງກ່າວວ່າຕາຂ້າງທີ່ພັກຕົວຢູ່ຈະມີຮໍໂມນຢັບຢັ້ງການຈະເລີນຄື ກົດແອັບຊິສິກຢູ່ໃນປະລິມານສູງ ແລະ ປະລິມານກົດແອັບຊິສິກໃນຕາຂ້າງຈະຖືກຄວບຄຸມໂດຍອອກຊິນຈາກຕາຍອດ ໂດຍຖ້າມີຕາຍອດຢູ່ປະລິມານກົດແອັບຊິສິດໃນຕາຂ້າງຈະສູງ, ຖ້າຕັດຕາຍອກອອກປະລິມານກົດແອັບຊິສິກໃນຕາຂ້າງຈະຫຼຸດລົງ ແລະ ຕາຂ້າງຈະຈະເລີນໄປເປັນກິ່ງໄດ້, ດັ່ງນັ້ນປະກົດການການຂົ່ມຕາຍອດຈຶ່ງກ່ຽວຂ້ອງກັບຮໍໂມນຫຼາຍຊະນິດ.



ຮູບ 4.20 ສະແດງອອກຊິນກັບຂົ່ມການໂດຍຕາຍອດ

1.1.4 ການຫຼົ່ນຂອງໃບ (leaf abscission)

ການຫຼົ່ນຂອງໃບເກີດຈາກອພຈຸລັງບໍລິເວນທີ່ເອີ້ນວ່າ abscission layer ເຊິ່ງຢູ່ຕິດກັບກົກກ້ານໃບ, ເມື່ອມີອາຍຸຫຼາຍຂຶ້ນຂອບຈຸລັງບໍລິເວນດັ່ງກ່າວຈະສະຫຼາຍໄປເຮັດໃຫ້ເກີດການແຍກຂອງແພຈຸລັງ. ການຫຼຸດຫຼົ່ນຂອງໃບກ່ຽວຂ້ອງກັບປະລິມານອອກຊິນ, ເຊິ່ງໃນຂະນະທີ່ອາຍຸຍັງໜ້ອຍປະລິມານອອກຊິນບໍລິເວນ abscission layer ຈະສູງ ແລະ ຫຼຸດລົງເມື່ອອາຍຸຫຼາຍຂຶ້ນ, ດັ່ງນັ້ນຖ້າມີການໃຫ້ອອກຊິນແກ່ໃບພືດກໍ່ຫຼຸດການແກ່ ຫຼື ຫຼຸດການຫຼົ່ນຂອງໃບໄດ້. ການຫຼຸດຫຼົ່ນຂອງໃບກ່ຽວຂ້ອງກັບຮໍໂມນຫຼາຍຊະນິດມີທັງຊະນິດການຫຼຸດຫຼົ່ນເຊັ່ນ: ອອກຊິນ ແລະ ໄຊໂຕໂຄນິນ, ໃນຂະນະທີ່ ABA ແລະ ເອທິລິນຈະຊັກນຳ ຫຼື ກະຕຸ້ນການຫຼຸດຫຼົ່ນ.

1.1.5 ການປ່ຽນແປງຂອງຈຸລັງ (cell differentiation)

ອອກຊິນນອກຈາກຈະມີຜົນຕໍ່ການການຈະເລີນຕົບໂຕ ໂດຍການກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຢຶດຕົວຂອງຈຸລັງແລ້ວ, ອອກຊິນຍັງມີຜົນຕໍ່ຂະບວນການປ່ຽນແປງຂອງຈຸລັງໄປເຮັດໜ້າທີ່ສະເພາະຢ່າງດ້ວຍ, ຈາກການສຶກສາພົບວ່າຖ້າເຮັດໃຫ້ເກີດບາດແຜຢູ່ບໍລິເວນປ້ອງຂອງລຳຕົ້ນເຮັດໃຫ້ທໍ່ລຳລຽງສຶກຂາດ, ຖ້າໃຫ້ຮໍໂມນອອກຊິນແກ່ລຳຕົ້ນບໍລິເວນເໜືອບາດແຜ ຈະຊ່ວຍກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງຂອງຈຸລັງພາເຮັນຄືມາບໍລິເວນພືດໃຫ້ກາຍເປັນຈຸ

ລັງເທິງຄິດ ແລະ ເວສເຊລແມມເບີເຮັດໃຫ້ເກີດການເຊື່ອມຕໍ່ລະຫວ່າງທໍລໍລາງບໍລິ ເວນດ້ານເທິງ ແລະ ດ້ານລຸ່ມ ຂອງບາດແຜ, ໃນທຳມະຊາດແຫຼ່ງທີ່ໃຫ້ໂມນອອກຊິນເພື່ອໃຫ້ເກີດການປ່ຽນ ແປງ (differentiation) ໄປເປັນ ແພລໍລາງກໍ່ຄືຕາ ແລະ ໃບອ່ອນທີ່ຢູ່ເໜືອບາດແຜ.

ນອກຈາກນີ້ຍັງມີການທົດລອງໃນການເພາະລຽງເນື້ອເຍື່ອທີ່ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າອອກຊິນມີຜົນກະຕຸ້ນ ການປ່ຽນແປງຂອງຈຸລັງຄືພົບວ່າຖ້ານໍ້າຕາ (bud) ໄປວາງລົງເທິງກ້ອນເນື້ອເຍື່ອແຄລລັສພົບວ່າຈຸລັງກ້ອນແຄລລັສ ຈະເກີດການປ່ຽນແປງໄປເປັນໄຊແລັມ ແລະ ຖ້ານໍ້າຊີ້ນວຸ້ນທີ່ມີອອກຊິນໄປວາງເທິງກ້ອນແຄລລັສກໍ່ຈະໃຫ້ຜົນເຊັ່ນ ດຽວດັນ, ນອກຈາກນີ້ຍັງມີການທົດລອງທີ່ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າອອກຊິນເປັນໂມນທີ່ກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການສ້າງແພ ລໍລາງເຊື່ອມຕໍ່ລະຫວ່າງແພລໍລາງຂອງໃບທີ່ກໍາລັງຈະເລີນຕໍ່ກັບແພລໍລາງຂອງລໍາຕົ້ນ.

1.1.6 ການເກີດຮາກ (auxin and root initiation)

ການຍືດຕົວຂອງປາຍຮາກບໍລິເວນຈຸລັງຍືດຕົວ (elongation zone) ສາມາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ຢ່າງປົກກະຕິ ເມື່ອໄດ້ຮັບອອກຊິນໃນປະລິມານຕໍ່າ (10^{-8} M ຫຼື ຕໍ່າກວ່າ), ແຕ່ເມື່ອໄດ້ຮັບອອກຊິນທີ່ມີວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ສູງ (10^{-5} - 10^{-6} M) ຈະຢັບຢ້ານການຍືດຕົວຂອງຮາກ, ແຕ່ການເກີດຮາກຂະແໜງ (lateral roots) ເຊິ່ງເກີດຈາກການແບ່ງຈຸລັງ ຂອງຈຸລັງຊັ້ນເພຣີໄຊເຄິນ ເຊິ່ງຢູ່ເໜືອບໍລິເວນຈຸລັງຍືດຕົວຂຶ້ນມາຈະຖືກກະຕຸ້ນດ້ວຍອອກຊິນໃນຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງ, ນອກຈາກນີ້ອອກຊິນຍັງກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການແບ່ງຈຸລັງທີ່ບໍລິເວນຮອຍຕັດຂອງກິ່ງປັກຊຳເຊິ່ງນຳໄປສູ່ການສ້າງຮາກ ຍ່ອຍ (adventitious roots) ເຊິ່ງຄວາມຮູ້ນີ້ໄດ້ນຳມາປະຍຸກໃຊ້ໃນດ້ານການກະເສດ ໂດຍຮໍໂມນ IBA ແລະ NAA ເຊິ່ງເປັນອອກຊິນສັງເກດໃນການກະຕຸ້ນໃຫ້ກິ່ງປັກຊຳອອກຮາກໄວ ແລະ ເພີ່ມຈຳນວນຮາກໄດ້ດີກວ່າກິ່ງທີ່ ບໍ່ໃຊ້ຮໍໂມນ. ໃນທຳມະຊາດເນື່ອງດ້ວຍຄຸນສົມບັດຂອງອອກຊິນທີ່ມີການເຄື່ອນຍ້າຍຈາກສ່ວນອາຍລົງສູ່ສ່ວນກົກ ຂອງລໍາຕົ້ນ ເຮັດໃຫ້ມີອອກຊິນມາສະສົມຢູ່ບໍລິເວນກົກຂອງກິ່ງທີ່ຫັກ ຫຼື ຖືກທຳລາຍ ເຮັດໃຫ້ກິ່ງທີ່ຫັກສາມາດ ງອກຮາກໄດ້ເມື່ອໄດ້ຮັບຄວາມຊຸ່ມເຊິ່ງເປັນກົນລະຍຸດຢ່າງໜຶ່ງເພື່ອການຢູ່ລອດ ແລະ ຂະຫຍາຍພັນ.

1.1.7 ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງໝາກ (auxin and fruit growth)

ຫຼັງຈາກເກີດການຖ່າຍລະອອງເກສອນ ແລະ ການປະຕິສິນທິແລ້ວ ໄຊໂກດຈະຈະເລີນໄປເປັນເອັມບຼີໂອ ເຊິ່ງເອັມບຼີໂອທີ່ກໍາລັງພັດທະນາເປັນແຫຼ່ງຜະລິດອອກຊິນເຊິ່ງຈະໄປກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຈະ ເລີນເຕີບໂຕຂອງໝາກ , ໃນພືດບາງຊະນິດສາມາດໃຊ້ອອກຊິນກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຮັງໄຂ່ເປັນໝາກໄດ້ໂດຍບໍ່ຕ້ອງມີ ການປະຕິສິນທິ ເຊິ່ງໝາກທີ່ຈະເລີນແບບນີ້ເອີ້ນວ່າ ໝາກພາທິໂນຄາພິກ (parthenocarpic fruits)

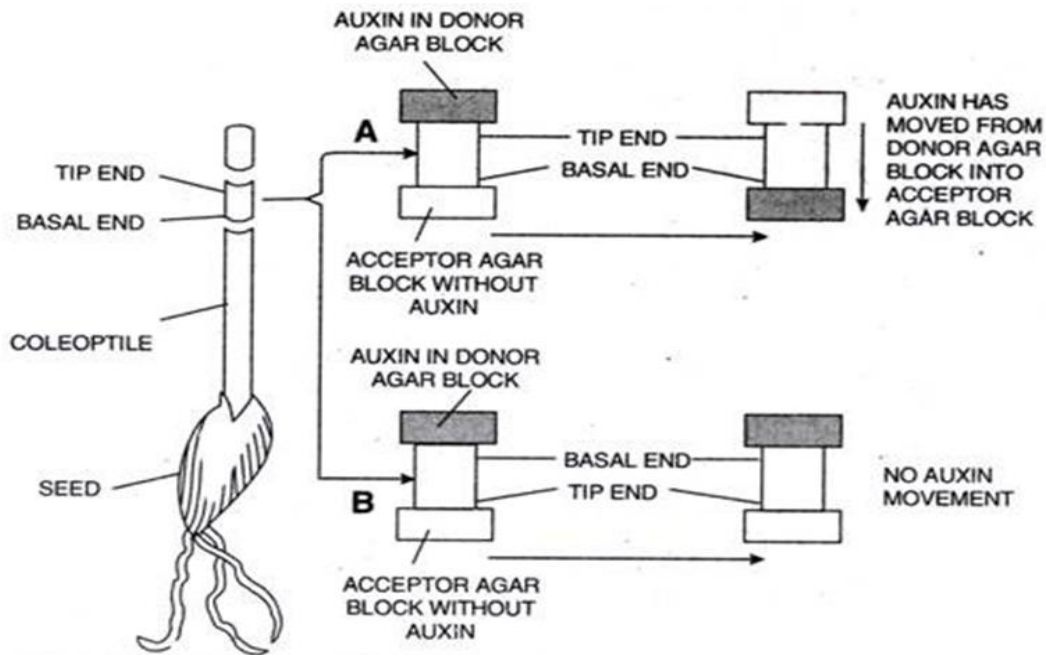
1.1.8 ການໃຊ້ອອກຊິນໃນທາງການກະເສດ

ກະເສດຕະກອນໄດ້ນຳຮໍໂມນອອກຊິນມາໃຊ້ໃນການກະເສດເປັນເວລາຫຼາຍສິບປີມາແລ້ວເຊັ່ນໃຊ້ IBA ໃນການເລັ່ງການງອກຂອງກິ່ງປັກຊຳ, ໃຊ້ NAA ແລະ 2,4-D ໃນການເພີ່ມຜົນຜະລິດໃນໝາດເຊືອເທດ, ໝາກ ພິກ ແລະ ໝາກກ້ຽງ, ໃຊ້ NAA ໃນການປ້ອງກັນການຮ່ວງກ່ອນການົດຂອງໝາກໄມ້, ໃນພືດທີ່ມີທັງດອກສົມບູນ ເພດ ແລະ ດອກບໍ່ສົມບູນເພດໃນຕົ້ນດຽວກັນສາມາດໃຊ້ NAA ໃນການປ່ຽນເພດຂອງດອກປັບອັດຕາສ່ວນ ລະຫວ່າງດອກເພດຜູ້ ແລະ ດອກເພດແມ່ໃຫ້ເໝາະສົມເຮັດໃຫ້ມີການຕິດໝາກທີ່ດີຂຶ້ນເຊັ່ນ: ໝາກເງາະ, ໝາກ ແຕງ, ໝາກອຶ. ນອກຈາກນີ້ NAA ແລະ IBA ຍັງຊ່ວຍເລັ່ງການອອກດອກຂອງ ໝາກນັດ, 2,4-D ເປັນອອກ ຊິນສັງເກດເຊິ່ງຊ່ວຍເປັນຢາກຳຈັດວັດຊະພຶດໃບກວ້າງໃນນາເຂົ້າ ແລະ ໄຮ່ເຂົ້າໂພດ.

1.1. ການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງອອກຊິນໃນພືດ

ການເຄື່ອນທີ່ຂອງອອກຊິນໃນພືດມີລັກສະນະເປັນທິດທາງທີ່ເອີ້ນວ່າ basipetal ຄືການເຄື່ອນຍ້າຍຈາກ ປາຍຍອດໄປສູ່ດ້ານຖານ ເຊິ່ງໄດ້ຈາກການທົດລອງຂອງ went (1934) ໂດຍພົບການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງອອກຊິນໃນ coleoptile ແລະ ປາຍຍອດ, ແຕ່ຍັງມີລາຍງານວ່າໃນລາຕິນອອກຊິມມີການເຄື່ອນຍ້າຍແບບ acropetal ສາລັບ IAA ພົບວ່າມີການເຄື່ອນຍ້າຍໃນລາຕິນແບບ basipetal ທີ່ມີອັດຕາການເຄື່ອນຍ້າຍ 2-26 ມມ./ຊມ., ສ່ວນໃນ

ຮາກ IAA ມີການເຄື່ອນຍ້າຍຈາກປາຍຮາກສູ່ຖິ່ນຂອງຕົ້ນໃນອັດຕາ 1-2 ມມ./ຊມ. ການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງອອກຊິນ ມີລັກສະນະເປັນ active transport ເຊິ່ງມີຄວາມໄວຫຼາຍກວ່າການແພ່. ສານຢັບຢັ້ງໃນພືດ ແລະ ສະພາບການ ຂາດອອກຊິເຈນສາມາດຢັບຢັ້ງການເຄື່ອນທີ່ຂອງອອກຊິນເຊັ່ນ: 2,3,5-TIBA, ນອກຈາກນັ້ນການເຄື່ອນຍ້າຍແບບ basipetal ຈະເກີດຂຶ້ນເລື້ອຍໆ ເຖິງແມ່ນວ່າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງອອກຊິນດ້ານຖານຈະເພີ່ມຂຶ້ນກໍຕາມ ເຊິ່ງເຊື່ອ ອອກຊິນນໍາຈະເຄື່ອນຍ້າຍໃນທໍ່ລໍາລຽງ.

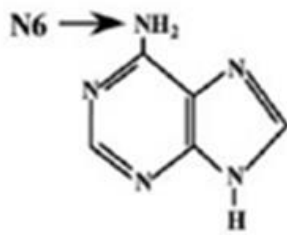


ຮູບ 4.21 ສະແດງການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງອອກແບບ basipetal

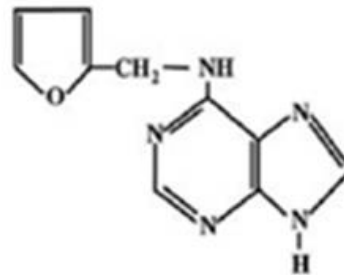
2. ໄຊໂຕໂຄນິນ (Cytokinins)

ໄຊໂຕໂຄນິນເປັນເປັນສານທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ແທນທາດປະສົມ adenine ໃນການກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງ, ໂດຍ Skoog ໄດ້ທົດລອງການເພາະລ້ຽງເນື້ອເຍື່ອແກນລໍາຕົ້ນຂອງຢາສູບໃນອາຫານແຂງທີ່ເຕີມສານອາຫານ ແລະ ຮໍໂມນຕ່າງໆ ແລະ ສາມາດແຍກສານຈາກການສະຫຼາຍຕົວຂອງດີເອັນເອ ແລະ ພົບວ່າເປັນ 6-(furfurylamino) purine ທີ່ມີໂຄງສ້າງພື້ນຖານຄືກັບ adenine ເນື່ອງຈາກສານເຫຼົ່ານີ້ມີຄຸນສົມບັດກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງ (ເມື່ອໃຊ້ຮ່ວມກັບອອກຊິນ) ຈຶ່ງຕັ້ງຊື່ວ່າ **kinetin**, ໂດຍສານພວກ indole-3-acetic acid (IAA) ແລະ kinetin ມີປະຕິກິລິຍາສໍາພັນຕໍ່ການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ການປ່ຽນແປງສະພາບໃນແນແພຈຸລັງພືດ. ພຶດຫຼາຍຊະນິດເຊັ່ນ: ນໍ້າໝາກພ້າວ, ໝາກທີ່ຍັງບໍ່ສຸກແກ່ຂອງເຂົ້າໂພດ. ໝາກອ່ອນຂອງ chore chestnut (*Aesculus hippocastanum*), ກ້ວຍ ແລະ ແອັບເປັນ ສາມາດສັງເກດສານທີ່ມີຜົນຕໍ່ການເຕີບໂຕ ແລະ ພັດທະນາການເຊັ່ນດຽວກັບໂຄເນຕິນ ແລະ ຕັ້ງຊື່ວ່າ cytokinins, ເມື່ອໃຊ້ຮ່ວມກັບອອກຊິນແລ້ວມີຜົນກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ກໍານົດທິດທາງການປ່ຽນສະພາບຂອງຈຸລັງ. ໄຊໂຕໂຄນິນທີ່ພົບເປັນສານພວກ purine ໂດຍສະເພາະຢ່າງຍິ່ງທີ່ເປັນ adenine derivatives ໃນປີ ຄ.ສ 1964 Letham ໄດ້ແຍກໄຊໂຕໂຄນິນຈາກເນືອເມັດເຂົ້າໂພດຫວານພົບວ່າເປັນ 6-(4-hydroxy-3-methyl but-2-enyl) amino purine ແລະ ຕັ້ງຊື່ວ່າ **Zeatin**

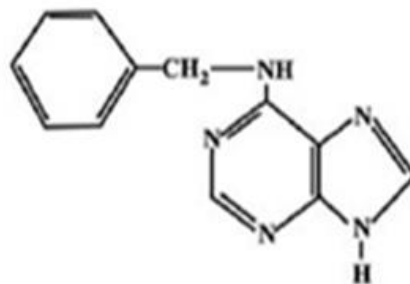
ໂຄເນຕິນຈັດເປັນໄຊໂຕໂຄນິນສັງເກດທີ່ບໍ່ໄດ້ເກີດຈາກພືດໄດ້ແກ່: benzyladenine (BA) ແລະ hydro-pyranlyl benzyladenine (PBA). ດັ່ງຮູບ 4.22 ລຸ່ມນີ້:



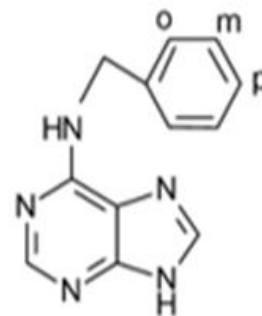
Adenine
(6-aminopurine)



Kinetin
(6-furfurylamino purine)



Benzyladenine (BA)



**Tetrahydropyranyl
benzyladenine (PBA)**

ຮູບ 4.22 ໂຄງສ້າງທາງເຄມີຂອງ adenine ແລະ ອະນຸພັນ

2.1. ການສັງເຄາະໄຊໂຕໄຄນິນ (biosynthesis of cytokinins)

ໄຊໂຕໄຄນິນທີ່ພົບໃນແພຈຸລັງພືດເອີ້ນວ່າ endogenous ຫຼື free cytokinins ເຊິ່ງອາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ ໂດຍການແທນທີ່ແຂນດ້ານໜຶ່ງຂອງຄາບອນຕົວທີ 6 ຂອງ purine ring ດ້ວຍ adenine, adenine riboside ຫຼື adenine ribotide ແລະ ເກີດຂຶ້ນໂດຍການ hydrolysis ຂອງ tRNA ທີ່ມີ cytokinin group ໂດຍມີ adenine ຢູ່ລວມກັບແຂນດ້ານຂ້າງຂອງ iso-pentenyl ຄາບອນຕົວທີ 6.

ເຊື່ອນວ່າ free cytokinins ຖືກສັງເຄາະໂດຍກົນໄກອິດສະຫຼະຂອງການເສື່ອມສະຫຼາຍຂອງ tRNA ຫຼາຍກວ່າ ຄື: ເກີດການເຄື່ອນຍ້າຍທາດປະສົມພວກ isopentenyl ຈາກ IPP (isopentenyl pyrophosphate) ໄປສູ່ຕໍາແໜ່ງຄາບອນ 6 ຂອງ purine ຫຼື riboside ຫຼື ribotide ການສຶກສາສາມາດຢືນຢັນໂດຍການໃຊ້ ^{14}C . ນອກຈາກການແທນທີ່ໃນ side chain ນີ້ແລ້ວ ໄຊໂຕໄຄນິນໃນທາມະຊາດອາດເກີດຈາກການປ່ຽນກັບຈາກໄຊໂຕໄຄນິນຊະນິດໜຶ່ງເປັນອີກຊະນິດໜຶ່ງ. ການສະຫຼາຍຕົວຂອງໄຊໂຕໄຄນິນເກີດໂດຍ cytokinin oxidase ເຊິ່ງຈະປັດປ່ອຍ side chain ທີ່ມີຄາບອນ 5 ຕົວ ແລະ ໄດ້ adenine ອອກມາຈາກ zeatin ຫຼື ໄດ້ adenosine ອອກມາຈາກ zeatin riboside

ແພຂະຫຍາຍປາຍຮາກບໍລິເວນທີ່ມີການສັງເຄາະ free cytokinins ຂອງຕົ້ນພືດ ແລະ ເຄື່ອນຍ້າຍຈາກໄຊແລັມຂອງຮາກເຂົ້າໄປສູ່ລໍາຕົ້ນ ແລະ ໃບ, ສະພາບແວດລ້ອມເຊັ່ນ: ການເກີດຄວາມຄຽດຈາດນໍ້າມີຜົນເຮັດໃຫ້ໄຊໂຕໄຄນິນໃນໄຊແລັມຫຼຸດລົງ, ນອກຈາກນີ້ຍັງມີລາຍງານວ່າແພຂະຫຍາຍບໍລິເວນປາຍຮາກ ແລະ ປາຍຍອດຂອງຢາສູບມີໄຊໂຕໄຄນິນສູງ, ອາດເປັນໄປໄດ້ທີ່ມີການສັງເຄາະໄຊໂຕໄຄນິນບໍລິເວນປາຍຍອດເພື່ອການພັດທະນາ

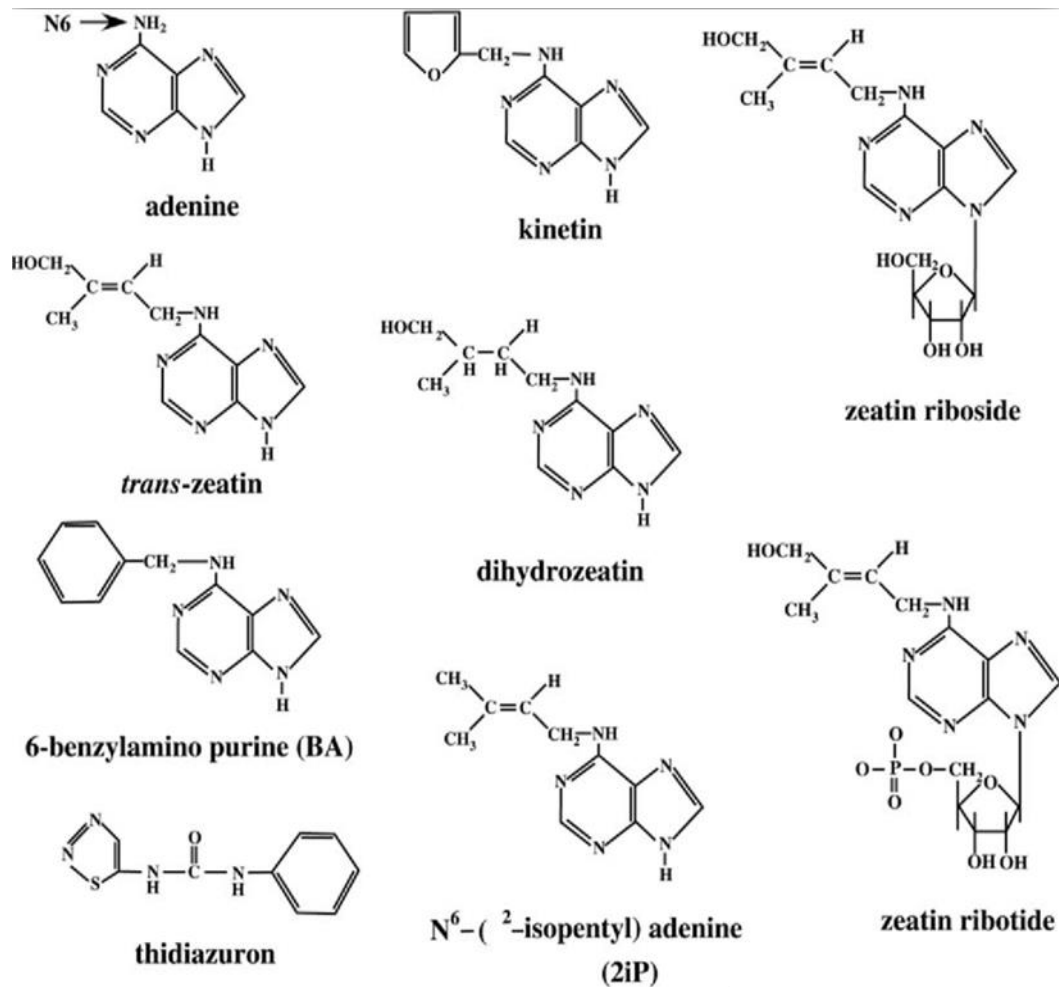
ແຕ່ຍັງບໍ່ທັນມີຫຼັກຖານຊັດເຈນ, ນອກຈາກນີ້ຍັງພົບປະລິມານໄຊໂຕໄຄນິນສູງໃນຂະນະເກີດການສ້າງໝາກ ແລະ ເມັດຂອງພືດອີກດ້ວຍ.

2.2. ບົດບາດ ແລະ ຜົນຂອງໄຊໂຕໄຄນິນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕ

2.2.1. ການແບ່ງຈຸລັງ (cell division)

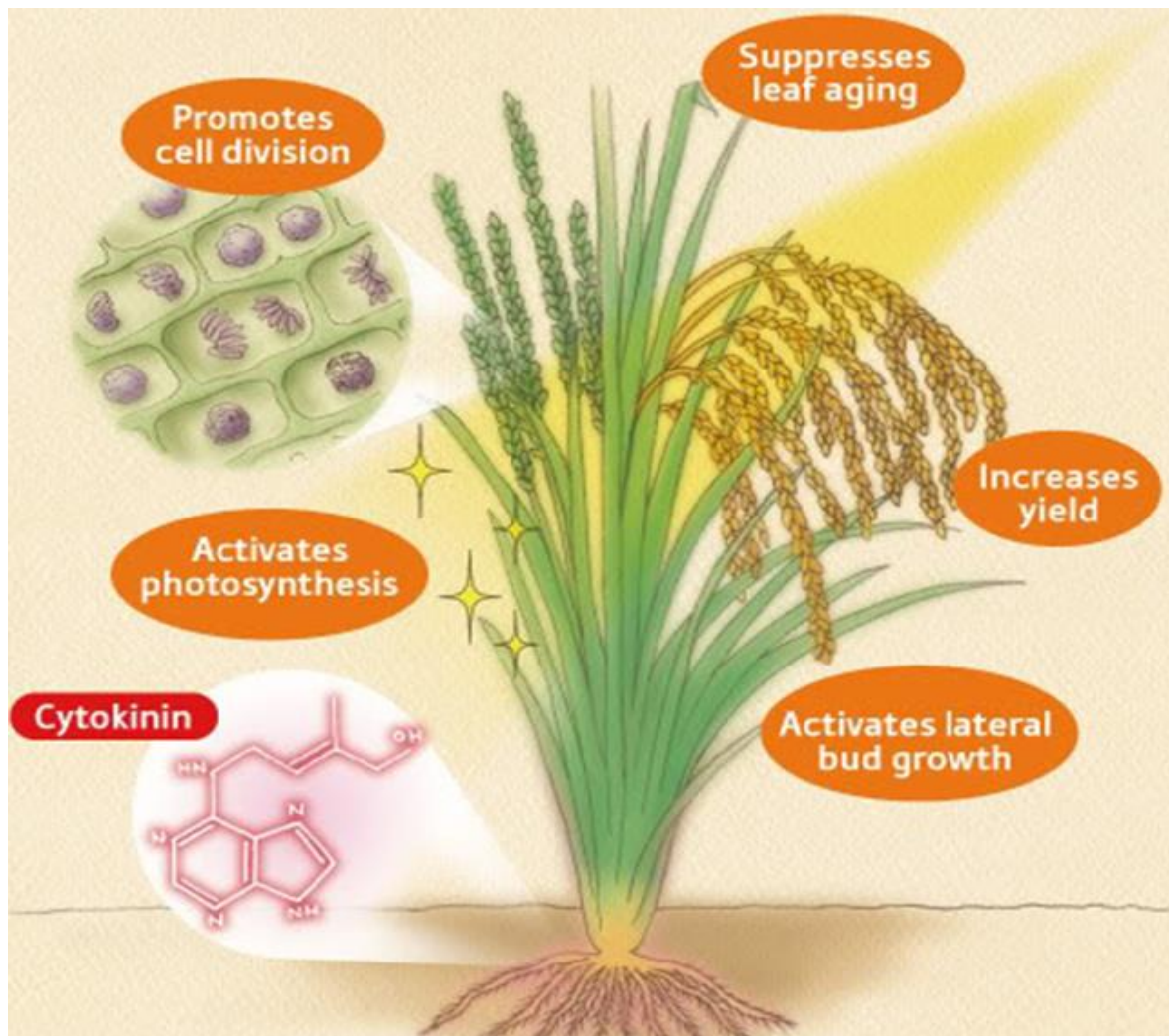
ໄຊໂຕໄຄນິນຊັກນຳຂະບວນການເກີດຮູບຮ່າງຂອງພືດໃນການເພາະລ້ຽງເນື້ອເຍື່ອ

ໃນປີ ຄ.ສ 1941 J. van Overbeek ໄດ້ພະຍາຍາມສ້າງພືດທີ່ມີຈຳນວນໂຄງໂມໂຊມຊຸດດຽວ ໂດຍ ນຳແອັມປຼີໂອຂະໜາດນ້ອຍເຊິ່ງຈະເລີນມາຈາກໄຂ່ທີ່ບໍ່ໄດ້ຮັບການປະສົມຂອງ *Datura stramonium* ນຳມາເພາະ ລ້ຽງໃນອາຫານສັງເຄາະພົບວ່າການຕື່ມນ້ຳໝາກພ້າວລົງໄປໃນອາຫານສັງເຄາະຊ່ວຍກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງຂອງ ແອັມປຼີໂອ, ສະແດງວ່າຕ້ອງມີສານປະກອບບາງຢ່າງໃນນ້ຳໝາກພ້າວເຊິ່ງສາມາດຊັກນຳໃຫ້ເກີດການແບ່ງຈຸລັງ, ນັບ ແຕ່ນັ້ນໄດ້ມີນັກວິທະຍາສາດຫຼາຍທ່ານພະຍາຍາມສຶກສາເພື່ອບິ່ງຊີ້ ແລະ ເຮັດສານດັ່ງກ່າວໃຫ້ບໍລິສຸດໂດຍການທົດ ລອງໃຊ້ທັງນ້ຳໝາກພ້າວ ແລະ ສານເຄມີຕ່າງໆ. ຕໍ່ມາປະມານປີ ຄ.ສ 1950 F. Skoog ແລະ ຄະນະໄດ້ທົດລອງ ເພາະລ້ຽງເນື້ອເຍື່ອພືດຂອງຢາສູບເຊິ່ງເປັນຈຸລັງພາຣັນໄຄມາທີ່ຈະເລີນເຕີບໂຕເຕັມທີ່ແລ້ວພົບວ່າເມື່ອຕື່ມນ້ຳໝາກ ພ້າວໃນອາຫານເພາະລ້ຽງຈະເຮັດໃຫ້ຈຸລັງພາຣັນໄຄມາມີຄວາມສາມາດໃນການແບ່ງຈຸລັງໄດ້ ອີກຈົນກະທັ້ງ ກາຍເປັນກ້ອນເນື້ອເຍື່ອທີ່ເອີ້ນວ່າແຄລລັສ (callus), ນອກຈາກນ້ຳໝາກພ້າວແລ້ວຍັງພົບວ່າເບສອາເດນິນ (adenine) ແລະ ດີເອັນເອທີ່ສະກັດຈາກຈຸລັງອະສຸຈິຂອງປາເຮືອນີ້ ກໍສາມາດກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການແບ່ງຈຸລັງໄດ້ ແລະ ຖ້ານຳດີເອັນເອນັ້ນໄປເຮັດໃຫ້ຮ້ອນພົບວ່າສາມາດກະຕຸ້ນກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງໄດ້ດີຂຶ້ນອີກຫຼາຍເທົ່າ. ຕໍ່ມາປີ ຄ.ສ 1956 Miller, Skoog ແລະ ຄະນະພົບວ່າສານປະກອບທີ່ເປັນຜົນມາຈາກການສະຫຼາຍຕົວຂອງດີເອັນເອ ແລະ ມີ ຜົນກະຕຸ້ນການແບ່ງຈຸລັງຄື N⁶-furfuryladenine ຫຼື kinetin (ສະກັດໄດ້ຈາກນ້ຳໝາກພ້າວ) ເຊິ່ງມີໂຄງສ້າງດັ່ງ ສະແດງໃນຮູບ 4.23



ຮູບ 4.23 ໂຄງສ້າງຂອງສານອາເດນິນ ແລະ ອະນຸພັນຂອງອາເດນິນທີ່ມີຄຸນສົມບັດເປັນໄຊໂຕໂຄນິນ

ການຄົ້ນພົບສານ kinetin ເຊິ່ງມີປະສິດທິພາບໃນການຊັກນໍ້າໃກ້ແພພືດເກີດການແບ່ງຈຸລັງເຮັດໃຫ້ການຄົ້ນຄວ້າວິໄຈກ່ຽວກັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ໂດຍໃຊ້ເທັກນິກການເພາະລ້ຽງແພຈຸລັງກ້າວໜ້າໄປຢ່າງໄວວາ, ຕໍ່ມານັກວິທະຍາສາດໄດ້ຄົ້ນພົບສານສັງເກດເອົາອີກຫຼາຍຊະນິດທີ່ມີຜົນຄ້າຍ kinetin ເຊັ່ນ: 6-Benzylamino-purine (BAP) ໃນປີ ຄ.ສ 1965 Skoog ແລະ ຄະນະໄດ້ສະເໜີໃຫ້ເອີ້ນຮໍໂມນພືດກຸ່ມໃໝ່ເຊິ່ງຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດການແບ່ງຈຸລັງວ່າ ໄຊໂຕໂຄນິນ (Cytokinins). ຕໍ່ມາປີ ຄ.ສ 1973 Letham ໄດ້ປະສົມຄວາມສໍາເລັດໃນການບົ່ງຊີ້ ແລະ ແຍກໄຊໂຕໂຄນິນທີ່ພຶດສັງເກດເອົາຂຶ້ນ ແລະ ສຶກສາໂຄງສ້າງທາງເຄມີພົບວ່າເປັນສານອະນຸພັນຂອງເບສ purine ຊື່ 6-(4-hydroxy-3-methylbut-trans-2-ethylamino) purine ຫຼື ເອີ້ນຊື່ສາມັນວ່າ Zeatin ເນື່ອງຈາກສະກັດໄດ້ຄັ້ງທໍາອິດຈາກເນື້ອເຍື່ອເອີ້ນໂດສະເບີມຂອງເມັດອ່ອນຂອງເຂົ້າໂພດ (*Zea mays*) ຕໍ່ມາພົບສານປະກອບອີກຫຼາຍຊະນິດທີ່ພຶດສັງເກດເອົາຂຶ້ນ ແລະ ມີຄຸນສົມບັດເປັນໄຊໂຕໂຄນິນໄດ້ແກ່: zeatin riboside, zeatin ribotide, isopentenyl adenine, ແພພືດທີ່ສັງເກດເອົາໄຊໂຕໂຄນິນຫຼາຍໄດ້ແກ່ແພຂະຫຍາຍທີ່ກໍາລັງແບ່ງຕົວເຊັ່ນ: ໝາກ ແລະ ເມັດອ່ອນ, ໃບອາອນ ແລະ ປາຍຮາກ ໂດຍສະເພາະປາຍຮາກເປັນບໍລິເວນທີ່ສັງເກດເອົາໄຊໂຕໂຄນິນຫຼາຍທີ່ສຸດ ແລະ ຈະຂຶ້ນສິ່ງເຂົ້າສູ່ລໍາຕົ້ນທາງທໍລໍາລຽງນໍ້າ.



ຮູບ 4.24 ບົດບາດ ແລະ ຜົນຂອງໄຊໂຕໄຄນິນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕ

2.2.2. ການເກີດອະໄວຍະວະ (morphogenesis)

ໃນການເພາະລ້ຽງແພພືດຂອງຢ່າສູບ Skoog ແລະ Miller (1957) ພົບວ່າການຕີ່ມອອກຊິນ (IAA) ແລະ ໄຊໂຕໄຄນິນໃນອັດຕາສ່ວນຕ່າງໆລົງໄປໃນອາຫານມີຜົນຢ່າງຫຼວງຫຼາຍຕໍ່ການປ່ຽນແປງຂອງຈຸລັງ ແລະ ການເກີດອະໄວຍະວະ, ແພພືດທີ່ເພາະລ້ຽງໃນອາຫານທີ່ບໍ່ໃສ່ຮໍໂມນທັງສອງຈະມີການຈະເລີນເຕີບໂຕຮ້ອຍທີ່ສຸດ, ເມື່ອໃຫ້ IAA ເຂັ້ມຂຸ້ນ 2 mg/l ແລະ kinetin ເຂັ້ມຂຸ້ນ 0,2 mg/l ແພພືດຈະມີການແບ່ງຈຸລັງ ແລະ ພັດທະນາໄປດປັນແຄລລັສ, ເມື່ອໃຫ້ IAA ເຂັ້ມຂຸ້ນ 2 mg/l ແລະ kinetin ເຂັ້ມຂຸ້ນ 0,5 mg/l ແພພືດຈະພັດທະນາໄປເປັນແຄລລັສ ແລະ ຕໍ່ມາຈຸລັງແຄລລັສຈະປ່ຽນໄປເປັນລໍາຕົ້ນ, ເມື່ອໃຫ້ IAA ເຂັ້ມຂຸ້ນ 2 mg/l ແລະ kinetin ເຂັ້ມຂຸ້ນ 0,02 mg/l ແພພືດຈະພັດທະນາໄປເປັນແຄລລັສ ແລະ ຕໍ່ມາຈຸລັງຂອງແຄລລັສຈະປ່ຽນໄປເປັນຮາກ. ນັກຄົ້ນຄ້າອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງອອກຊິນ:ໄຊໂຕໄຄນິນສູງຈະຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດຮາກ, ຖ້າອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງອອກຊິນ:ໄຊໂຕໄຄນິນຕໍ່າຈະຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດລໍາຕົ້ນ, ຜົນງານນີ້ຂອງ Skoog ແລະ Miller ເປັນງານທີ່ບຸກເບີກກ່ຽວກັບການຫາອັດຕາສ່ວນທີ່ເໝາະສົມຂອງຮໍໂມນທັງສອງຊະນິດນີ້. ໃນການຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດຮາກແລະລໍາຕົ້ນໃນການເພາະລ້ຽງແພພືດຊະນິດຕ່າງໆ ເຊິ່ງໄດ້ພັດທະນາຂຶ້ນມາຢ່າງຫຼວງຫຼາຍຈົນການເປັນອຸດສະຫະກໍາການຂະຫຍາຍພັນພືດໂດຍການເພາະລ້ຽງແພຈຸລັງໃນປະຈຸບັນ.

2.2.3. ການຊະລາ (senescence)

ໃບທີ່ເດັດອອກມາຈາກຕົ້ນແລ້ວຈະເກີດຂະບວນການເສື່ອມຊະລາ ໂດຍເກີດການສະຫຼາຍຕົວຂອງໂປຕິນ, ກົດນິວເຄອິກ ແລະ ສານຊີວະໂມເລກຸນອື່ນໆລວມທັງຄໍໂຣຟິນ, ໃບຈະເລີ່ມປ່ຽນເປັນສີເຫຼືອງ ແລະ ຈະມີປະລິມານສານປະກອບໄນໂຕເຈນທີ່ເປັນຜົນຈາກການສະຫຼາຍຕົວຂອງໂປຕິນເພີ່ມຂຶ້ນ ແຕ່ເມື່ອໃຫ້ໄຊໂຕໂຄນິນແກ່ໃບຈະຊ່ວຍຊະລໍເສື່ອມຂອງໃບ, ໂດຍເຮັດໃຫ້ໃບຍັງຄົງສາມາດຮັກສາລະດັບໂປຕິນ ແລະ ກົດນິວເຄອິກຢູ່ໄດ້ດີກວ່າໃບທີ່ບໍ່ໄດ້ຮັບໄຊໂຕໂຄນິນ ແລະ ຄົງຄວາມຂຽວໄດ້ດີກວ່າ. ນອກຈາກນີ້ຍັງມີຜົນການສຶກສາທີ່ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າມີການເຄື່ອນທີ່ຂອງສານອາຫານຈຳພວກນ້ຳຕານ ແລະ ກົດອາມິໂນເຂົ້າສູ່ບໍລິເວນທີ່ສິດພື້ນດ້ວຍໄຊໂຕໂຄນິນຫຼາຍກວ່າບໍລິເວນທີ່ບໍ່ໄດ້ຮັບໄຊໂຕໂຄນິນ. ດັ່ງນັ້ນໄຊໂຕໂຄນິນອາດຈະຊະລໍຄວາມແກ່ຂອງໃບໂດຍການກະຕຸ້ນໃຫ້ຈຸລັງປ່ຽນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມ ເຮັດໃຫ້ສາມາດດູດຮັບອາຫານຈາກສ່ວນອື່ນໄດ້ດີ, ຄຸນສົມບັດນີ້ເອງຂອງໄຊໂຕໂຄນິນໄດ້ນຳມາໃຊ້ປະໂຫຍດໃນທາງດ້ານການຄ້າໂດຍການໃຊ້ສານໄຊໂຕໂຄນິນສັງເຄາະເຊັ່ນ: benzyladenine ສິດພື້ນໄມ້ຕັດດອກລາຄາແພງເພື່ອໃຫ້ຄົງຄວາມສົດຢູ່ໄດ້ດົນນານຂຶ້ນ.

2.2.4. ການຂົ່ມໂດຍຕາຍອດ (apical dominance)

ການຂົ່ມໂດຍຕາຍອດເປັນປະກົດການອີກອັນໜຶ່ງ ເຊິ່ງກ່ຽວຂ້ອງກັບປະຕິສຳພັນລະຫວ່າງອອກຊິນກັບໄຊໂຕໂຄນິນ, ໃນຂະນະທີ່ອອກຊິນຕາຍອດຍັບຢັ້ງການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາຂ້າງ ແຕ່ການໃຫ້ໄຊໂຕໂຄນິນແກ່ຕາຂ້າງກັບຊ່ວຍເລັ່ງໃຫ້ຕາຂ້າງຈະເລີນໄປເປັນກິ່ງ ແລະ ຈາກການຄົ້ນຄວ້າພົບວ່າພືດສ້າງໄຊໂຕໂຄນິນຫຼາຍບໍລິເວນປາຍຮາກ ແລະ ຖືກສົ່ງຂຶ້ນມາສູ່ລຳຜ່ານທາງທໍ່ໄຊແລ້ມເຮັດໃຫ້ນັກວິທະຍາ ສາດເຊື່ອວ່າການຈະເລີນຂອງຕາຂ້າງຂຶ້ນຢູ່ກັບອັດຕາສ່ວນລະຫວ່າງ ອອກຊິນທີ່ສົ່ງມາຈາກປາຍຍອດກັບໄຊໂຕໂຄນິນທີ່ສົ່ງອອກມາຈາກປາຍຮາກ ໂດຍຕາຂ້າງຢູ່ໃກ້ຈາກປາຍຍອດ ຫຼື ຢູ່ໄກຮາກກໍຍິ່ງມີໂອກາດແຕກກິ່ງໄດ້ໜ້ອຍເພາະໄດ້ຮັບອອກຊິນສູງໄຊໂຕໂຄນິນຕໍ່າ, ແຕ່ຖ້າຕາຂ້າງຢູ່ຫ່າງຈາກປາຍຍອດ ຫຼື ຢູ່ໄກຮາກກໍຍິ່ງມີໂອກາດໄດ້ຫຼາຍເພາະໄດ້ຮັບອອກຊິນຕໍ່າໄຊໂຕໂຄນິນສູງ. ການສື່ສານໂດຍຮໍໂມນດັ່ງກ່າວນີ້ເປັນກົນໄກທີ່ພືດສາມາດຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງສ່ວນຕົ້ນ ແລະ ສ່ວນຮາກໃຫ້ສອດປະສານກັນດ້ວຍດີ ກ່າວຄື: ຖ້າພືດມີລະບົບຮາກທີ່ແຜ່ຂະຫຍາຍ ແລະ ແຂງແຮງດີກໍຈະຜະລິດໄຊໂຕໂຄນິນໄດ້ຫຼາຍ ເຊິ່ງຈະເປັນສັນຍານກະຕຸ້ນໃຫ້ມີການຈະເລີນຂອງສ່ວນຕົ້ນໄດ້ດີ ໂດຍກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດແຕກກິ່ງຫຼາຍຂຶ້ນ, ແຕ່ຕໍ່າກໍລະນີຂອງການສ້າງຮາກຂະແໜງຮໍໂມນທັງສອງກັບມີຜົນກົງກັນຂ້າມກັບການແຕກກິ່ງຄື: ອອກຊິນຈະກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການສ້າງຮາກຂະແໜງແຕ່ໄຊໂຕໂຄນິນຈະຍັງຢັ້ງການສ້າງຮາກຂະແໜງ.

2.3. ການເຄື່ອນຍ້າຍໄຊໂຕໂຄນິນໃນພືດ

ເຊື່ອວ່າມີການເຄື່ອນຍ້າຍໄຊໂຕໂຄນິນທີ່ສັງເຄາະຈາກບໍລິເວນແພຂະຫຍາຍປາຍຮາກ ແລະ ເຄື່ອນຍ້າຍຈາກໄຊແລ້ມຂອງຮາກໄປພ້ອມກັບນ້ຳ ແລະ ທາດອາຫານໃນລັກສະນະຂອງ passive transport ສູ່ລຳຕົ້ນ ແລະ ໃບ.

3. ຈີບເບີຣີລິນ (Gibberellin)

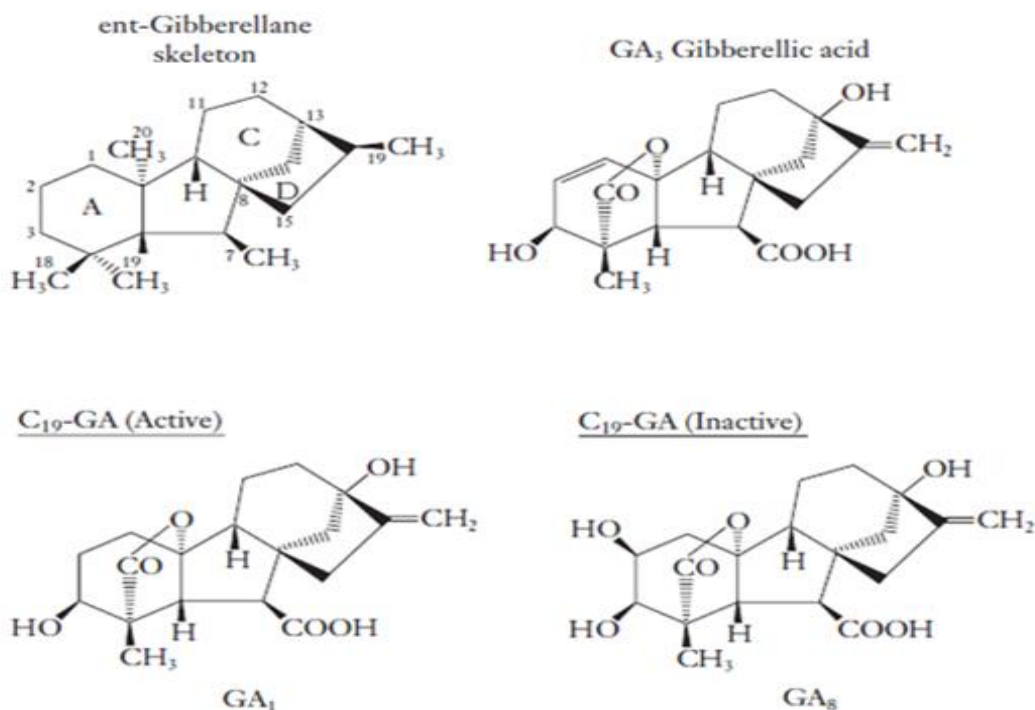
ການຄົ້ນພົບປະຫວັດຂອງຈີບເບີຣີລິນ ມີປະຫວັດມາຈາກການສຶກສາອາການຜິດປົກກະຕິຂອງຕົ້ນເຂົ້າໃນຜະເທດຍີ່ປຸ່ນ ເຊິ່ງຊ່ວຍຢືນຢັນວ່າໂຣກນາຄາເນ ຫຼື ໂຣກຕົ້ນກ້າໂງ່ (foolish seedling disease) ໂດຍຕົ້ນເຂົ້າທີ່ເປັນໂຣກນີ້ຕົ້ນຈະສູງຜິກປົກກະຕິ, ລຳຕົ້ນນ້ອຍ, ລົ້ມງ່າຍ ແລະ ບໍ່ຜະລິດເມັດ, ປະມານປີ ຄ.ສ 1920 ນັກວິທະຍາສາດຊາວຍີ່ປຸ່ນຊື່ Eiichi Kurosawa ໄດ້ສຶກສາຫາສາເຫດຂອງໂຣກນີ້ພົບວ່າເກີດຈາກເຊື້ອຮາຊີ *Gibberella fujikuroi* ເມື່ອລາວລ້ຽງເຊື້ອຮາຊີໃນອາຫານແຫຼວແລ້ວແຍກເຊື້ອຮາຊີອອກໄປແລ້ວນຳອາຫານແຫຼວໄປໃສ່ໃນຕົ້ນເຂົ້າພົບວ່າເຮັດໃຫ້ຕົ້ນເຂົ້າເປັນໂຣກນາຄາເນ. ຕໍ່ມາໃນປີ ຄ.ສ 1934 T. Yabuta ແລະ Y. Sumiki

ໄດ້ປະສົມຜົນສໍາເລັດໃນການແຍກສານທີ່ເຮັດໃຫ້ເກີດໂຮກນີ້ ແລະ ເຮັດສານໃຫ້ບໍລິສຸດແລ້ວຕັ້ງຊື່ວ່າ ຈີບເບີຣີລິນ (Gibberellin) ຫຼື ກິດຈີບເບີຣີລິນ (Gibberellic Acid (GA₃)) ຕາມຊື່ສະກຸນຂອງຣາທີ່ຜະລິດສານນີ້ຂຶ້ນມາ.

3.1. ການສັງເກດຈີບເບີຣີລິນ

ຈີບເບີຣີລິນທຸກຊະນິດເປັນອະນຸພັນຂອງສານ ent-gibberellane (ຮູບ 4.13) ແລະ ໃນປະຈຸບັນ ນັກວິທະຍາສາດໄດ້ຄົ້ນພົບຈີບເບີຣີລິນແຫຼ່ງຫຼາຍກວ່າ 80 ຊະນິດ ເຊິ່ງແຕ່ລະຊະນິດມີການເອີ້ນຊື່ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງໝາຍຕົວເລກເປັນສັນຍາລັກເຊັ່ນ: GA₂, GA₃, GA₄, GA₇ ເປັນຕົ້ນ.

ຈີບເບີຣີລິນສ່ວນໃຫຍ່ (ຫຼາຍກວ່າ 70 ຊະນິດ) ທີ່ພົບຜະລິດໂດຍແພພືດ, ມີສ່ວນໜ້ອຍ (ປະມານ 25 ຊະນິດ) ທີ່ຜະລິດໂດຍເຊື້ອຣາ *Gibberella*, ໃນນັ້ນແພພືດເກືອບທຸກຊະນິດສາມາດສັງເກດຈີບເບີຣີລິນໄດ້ ໂດຍແພພືດທີ່ຜະລິດໄດ້ຫຼາຍສຸດຄືເມັດທີ່ກຳລັງພັດທະນາ



ຮູບ 4.25 ໂຄງສ້າງຂອງ ent-gibberellane ແລະ ຈີບເບີຣີລິນຊະນິດຕ່າງໆ

3.2. ບົດບາດ ແລະ ຜົນຂອງຈີບເບີຣີລິນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕ

3.2.1. ການຍືດຕົວຂອງລຳຕົ້ນ (stem elongation)

ຜົນທີ່ເດັ່ນຊັດເຈນທີ່ສຸດຂອງຈີບເບີຣີລິນຄືຊັກນຳໃຫ້ເກີດການຍືດຕົວຂອງພືດພັນແຄຣະເຊັ່ນ: ຖົ່ວລັນເຕົາພັນແຄຣະທີ່ມີການກາຍພັນຂອງຢືນບາງຢືນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບວິຖີການສັງເກດຈີບເບີຣີລິນ (ຮູບ 4.12) ນອກຈາກນີ້ຖ້າສິດພິນຈີບເບີຣີລິນໃຫ້ພືດຈຳພວກແຄຣອດ, ຜັກກາດຫອມ ແລະ ກະຫຼ່າປີ ໃນໄລຍະທີ່ພືດມີລຳຕົ້ນເຕັຍຕິດດິນມີປ້ອງສັ້ນຫຼາຍ ແລະ ມີໃບຮຽງຕົວອັດແໜ້ນຢູ່ຮອບແກນລຳຕົ້ນ ຫຼື ທີ່ເອີ້ນລັກສະນະພືດແບບນີ້ວ່າ rosette plant ເຊິ່ງພືດທີ່ມີລັກສະນະນີ້ເປັນພືດວັນຍາວທີ່ປູກຢູ່ໃນສະພາບວັນສັ້ນ ເມື່ອຢອດ ຫຼື ສິດພິນດ້ວຍຈີບເບີຣີລິນຈຸລັງບໍລິເວນໃຕ້ຍອດຈະເກີດການແບ່ງຕົວ ແລະ ຍືດຕົວຫຼາຍຈົນລຳຕົ້ນຍືດຕົວສູງຂຶ້ນ ແລະ ມີປ້ອງຍາວເຫັນໄດ້ຢ່າງຊັດເຈນ (ຮູບ 4.13) ເຊິ່ງເອີ້ນການຍືດຕົວຂອງລຳຕົ້ນວ່າ ໂບລທິງ (bolting) ແລະ ມັກຈະມີການອອກດອກເກີດຕາມມາ, ຕົ້ນເຂົ້າທີ່ເປັນໂຣກບາຄາເນກໍ່ເປັນເພາະໄດ້ຮັບຈີບເບີຣີລິນຈາກເຊື້ອຣາຫຼາຍເກີນໄປນັ້ນເອງ ເຮັດໃຫ້ຕົ້ນສູງຜິດປົກກະຕິ

ເຖິງແມ່ນວ່າຈີບເບີຣີລິນກັບອອກຊິນຈະມີຜົນສົ່ງເສີມການຈະເລີນເຕີບໂຕ ໂດຍການຊັກນໍ້າໃຫ້ລໍາຕົ້ນຢືດຕົວຄືກັນ, ແຕ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍປະການຄື:

- ຈີບເບີຣີລິນຊັກນໍ້າການຢືດຕົວໃນລະດັບຂອງພືດທັງຕົ້ນ (whole plant response) ແຕ່ອອກຊິນຊັກນໍ້າການຢືດຕົວໄດ້ຢ່າງເດັ່ນຊັດໃນແພພືດບ່ຽ່ງສ່ວນ ເຊັ່ນ: ໂຄລິອອບໄທຂອງຕົ້ນຫຍ້າອ່ອນ, ໄຮໂພຄອດທິລຂອງຕົ້ນກ້າຂອງພືດໃບລ້ຽງຄູ່ ເປັນຕົ້ນ, ສະນັ້ນການສືບພັນອອກຊິນໃຫ້ພືດພັນແຄຣະຈະບໍ່ສາມາດກະຕຸ້ນໃຫ້ພືດສູງໄດ້
- ກົນໄກການກະຕຸ້ນຈຸລັງຢືດຕົວກໍ່ແຕກຕ່າງກັນຄື: ອອກຊິນກະຕຸ້ນໃຫ້ຈຸລັງຢືດຕົວໂດຍຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດສະພາບເປັນກົດພາຍໃນຂອບຈຸລັງ ແລະ ເຮັດໃຫ້ເກີດການອ່ອນຕົວຂອງຂອບຈຸລັງ, ແຕ່ຈີບເບີຣີລິນເຮັດວຽກໂດຍກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແປງການກະຈາຍຂອງ Ca^{2+} ໂດຍກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຂົນສົ່ງ Ca^{2+} ຈາກຂອບຈຸລັງເຂົ້າໄປສູ່ໄຊໂທພລາສຊິມ ເຊິ່ງເມື່ອຂອບຈຸລັງມີ Ca^{2+} ຫຼຸດລົງກໍ່ຈະເຮັດໃຫ້ມີຄວາມຫົດຢືດໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນ ຫຼື ຈີບເບີຣີລິນອາດເຮັດວຽກໂດຍການຢັບຢັ້ງກົດຈະກຳຂອງເອັນໄຊເພຣອກຊີເດສ ເຊິ່ງເປັນເອັນໄຊທີ່ເຮັດໃຫ້ເກີດພັນທະລະຫວ່າງໂມເລກຸນຂອງສານປະກອບພວກຟີນອນພາຍໃນຂອງຈຸລັງ



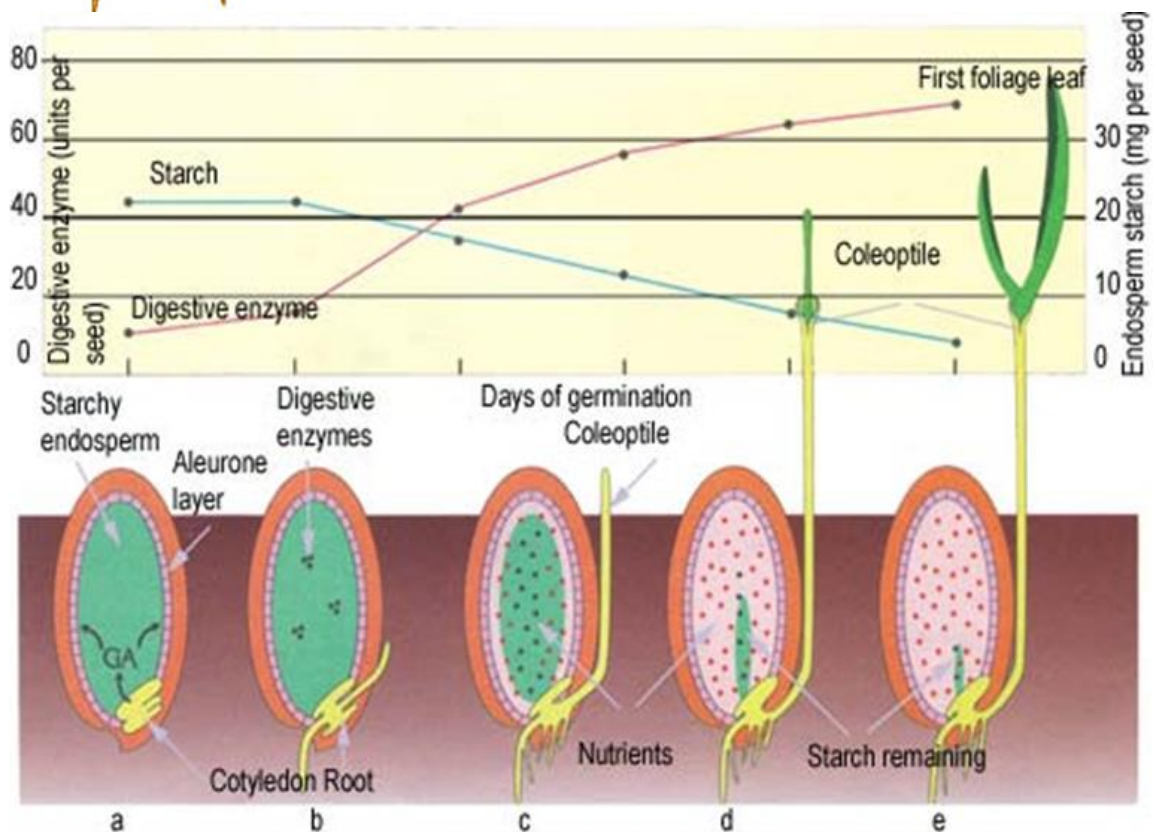
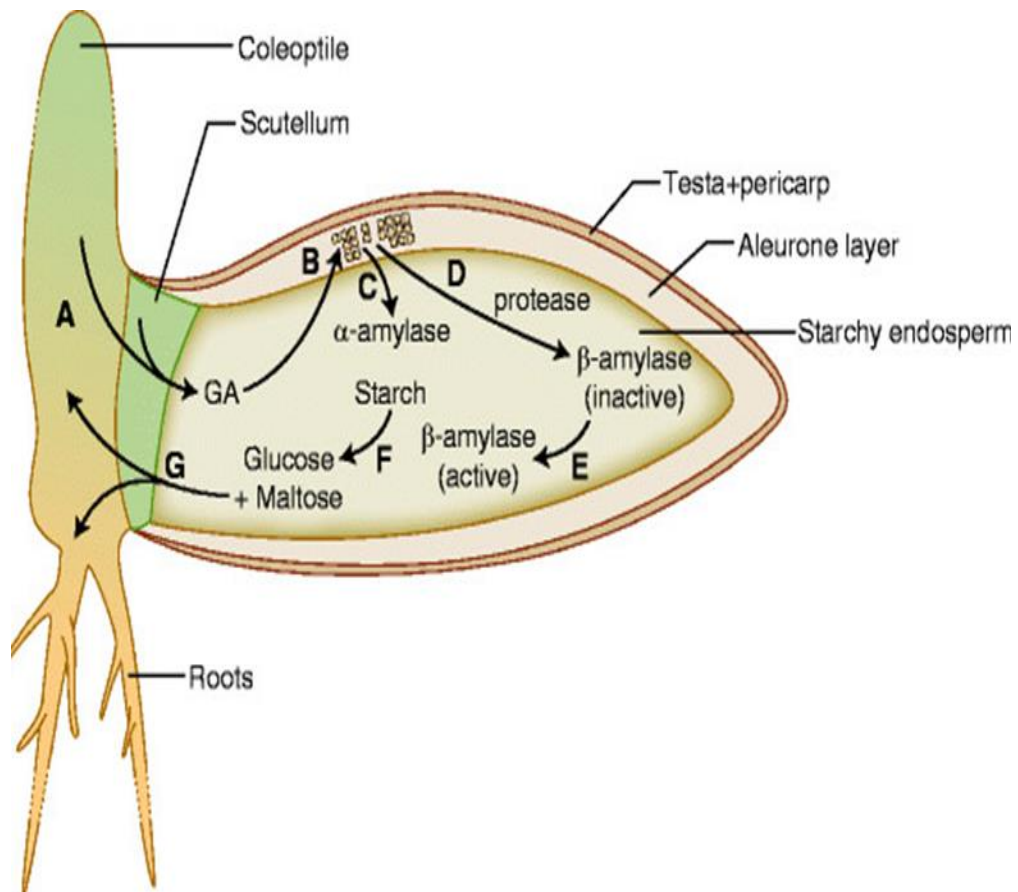
ຮູບ4.26 ຜົນຂອງຈີບເບີຣີລິນທີ່ຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດການຢືດຕົວຂອງລໍາຕົ້ນຂອງຖົ່ວລັນເຕົາພັນແຄຣະ (ຮູບຊ້າຍ) ເຊິ່ງເກີດຈາກການກາຍພັນຂອງຢີນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການສັງເຄາະຈີບເບີຣີລິນ



ຮູບ 4.27 ຜົນຂອງຈີເບີຣິລິນທີ່ຊັກນຳໃຫ້ເກີດການປົດຕົວຂອງລາຕິນຂອງ *Brassica napus* ເຊິ່ງເປັນ rosette plant ຕົ້ນທຳອິກເປັນພືດທີ່ຖືກຄວບຄຸມ ສ່ວນຕົ້ນທີ 2, 3 ແລະ 4 ໄດ້ຮັບ GA 0,5; 1,0 ແລະ 10,0 ນາໂນກຼາມຕາມລາດັບ

3.2.2. ການງອກຂອງເມັດ (seed germination)

ຜົນທີ່ເດັ່ນຊັດອີກຢ່າງໜຶ່ງຂອງຈີເບີຣິລິນຄື ການຊັກນຳໃຫ້ເຫກການງອກຂອງເມັດທັນຍະພຶດໂດຍຊັກນຳໃຫ້ເກີດການສັງເຄາະເອັນໄຊອາລຟາ-ອາໄມເລສ (α – *amylase*) ໂດຍແພຈຸລັງຂອງແອັມບຼີໂອຈະສັງເຄາະຈີເບີຣິລິນ ເຊິ່ງຈະເຄື່ອນທີ່ເຂົ້າສູ່ເອັນໂດສະເປີມແລ້ວແພ່ໄປທີ່ຊຸ້ນຈຸລັງອາລິວໂຣນ (aleurone cell) ເຊິ່ງເປັນຈຸລັງທີ່ຢູ່ໃຕ້ເປືອກຫຸ້ມເມັດ ແລະ ອ້ອມຮອບເອັນໂດສະເປີມ. ຈີເບີຣິລິນຈະຊັກນຳໃຫ້ຈຸລັງອາລິວໂຣນສັງເຄາະເອັນໄຊ α – *amylase* ປົດປ່ອຍອອກສູ່ເນື້ອເຍື່ອເອັນໂດສະເປີມເພື່ອຍ່ອຍແປງໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານ, ຈາກນັ້ນນ້ຳຕານກໍຈະເຄື່ອນທີ່ເຂົ້າສູ່ແອັມບຼີໂອດພ້ອມໃຊ້ໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕົ້ນອ່ອນຕໍ່ໄປ (ຮູບ 4.14) ເຊິ່ງຈີເບີຣິລິນສາມາດຊັກນຳໃຫ້ເກີດການສັງເຄາະເອັນໄຊໂດຍເຮັດໃຫ້ເກີດການເກາະກັນລະກວ່າງໂປຼຕິນທີ່ຄວບຄຸມການສະແດງອອກຂອງຢີນ (regulatory proteins) ກັບລາດັບເບສທີ່ຢູ່ເໜືອຈຸດເລີ່ມຕົ້ນການລອກລະຫັດຂອງຢີນອາລຟາ-ອາໄມເລສ ເຊິ່ງການເກາະກັນນີ້ເຮັດໃຫ້ເກີດການເລີ່ມຕົ້ນການລອກລະຫັດຂອງຢີນເພື່ອສ້າງອາເອັນເອນາລະຫັດຂອງອາລຟາ-ອາໄມເລສ ເຊິ່ງເປັນແມ່ແບບຂອງການແປລະຫັດເພື່ອສ້າງໂປຼຕິນອາລຟາ-ອາໄມເລສຕໍ່ໄປ. ຄວາມຮູ້ເລື່ອງນີ້ໄດ້ຖືກນຳມາໃຊ້ປະໂຫຍດໃນອຸດສະຫະກຳການຜະລິດເບຍເຊິ່ງໃຊ້ເມັດເຂົ້າບາເລທີ່ກໍ່ລ້ຽງອອກເປັນແຫຼ່ງອາຫານສຳລັບຢີສ ເພື່ອໃຫ້ຢີສຜະລິດແອລກຳຣ໌, ແຕ່ການທີ່ຢີສຈະໃຊ້ອາຫານຈາກເມັດໄດ້ແບ່ງໃນເມັດຈະຕ້ອງຖືກຍ່ອຍໃຫ້ເປັນນ້ຳຕານສາກ່ອນ ດັ່ງນັ້ນການຕົ້ມຈີເບີຣິລິນລົງໃນຖັງບັນຈຸເຂົ້າບາເລຈະຊ່ວຍກະຕຸ້ນການສ້າງເອັນໄຊອາລຟາ-ອາໄມເລສໃຫ້ເກີດໄວຂຶ້ນ.



ຮູບ 4.28 ຮູບເທິງສະແດງສ່ວນຕ່າງໆຂອງເມັດເຂົ້າບາເລ ແລະ ການຊຸກນຳໃຫ້ຈຸລັງອາລິວໂຣນສັງເກດເຫັນໄຊຍ່ອຍແບ່ງໂດຍຮໍໂມນຈີບເບີຣິລິນຈາກເອັບປີໂອ. ຮູບລຸ່ມສະແດງປະລິມານຂອງເອັນໄຊ ແລະ ແບ່ງໃນເມັດເມື່ອມີການຊຸກນຳໃຫ້ຈຸລັງອາລິວໂຣນສັງເກດເຫັນໄຊຍ່ອຍແບ່ງໂດຍຮໍໂມນຈີບເບີຣິລິນ

3.2.3. ການໃຊ້ຈົບເບີຣີລິນໃນທາງການກະເສດ

ມີການນຳຮໍໂມນຈົບເບີຣີລິນມາໃຊ້ໃນການກະເສດຢ່າງກວ້າງຂວາງເຊັ່ນ: ກະຕຸ້ນການງອກຊອງເມັດ ແລະ ຕາທີ່ມີການພັກຕົວໄດ້ແກ່ເມັດທັນຍະພຶດ, ອາງຸ່ນ, ຜັກກາດຫອມ, ຫົວຂອງແກລດີໂອລັສ. ເລັ່ງການສ້າງດອກຂອງພືກຜັກເຊັ່ນ: ຜັກພວກກະຫຼ້າ ແລະ ແຄຣອດ. ກະຕຸ້ນການຈະເລີນຂອງຜັກ ຕົວຢ່າງທີ່ເຫັນຊັດເຈນ ແລະ ໃຊ້ຢ່າງກວ້າງຂວາງຄືໃຊ້ຈົບເບີຣີລິນສົດພື້ນຕົ້ນອາງຸ່ນໃນຊ່ວງຫຼັງດອກບານປະມານ 7 ວັນຈະເຮັດໃຫ້ໄດ້ຊ້ອຸ່່ນຍາວຂຶ້ນ ແລະ ໝາກມີຂະໜາດໃຫຍ່ຂຶ້ນ. ໃຊ້ຈົບເບີຣີລິນສົດພື້ນພືດໃນຕະກູນແຕງເຮັດໃຫ້ເກີດດອກເພດຜູ້ຫຼາຍຂຶ້ນ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ລະອອງເກສອນເພດຜູ້ຈຳນວນຫຼາຍ. ໃຊ້ໃນການປະສົມພັນໃຫ້ເກີດເມັດພັກລູກປະສົມ.

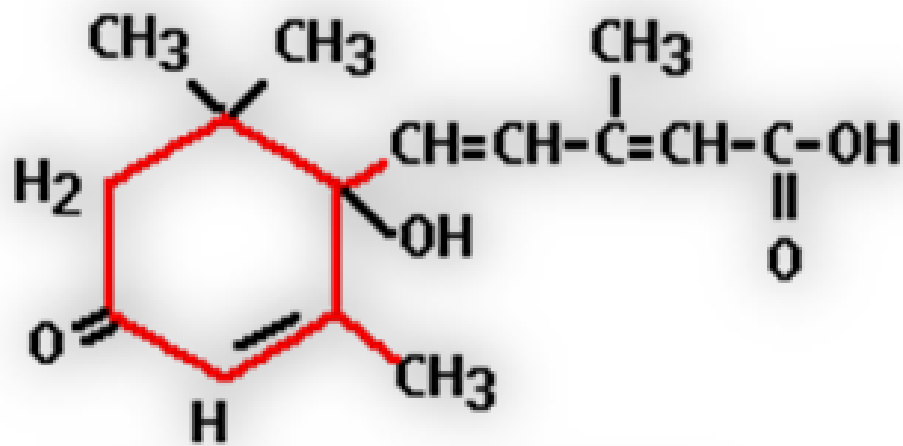
ນັກວະທິຍາສາດໄດ້ຄົ້ນພົບສານສັງເກດກຸ່ມໜຶ່ງເຊິ່ງມີລິດຊະລໍການຈະເລີນເຕີບໂຕໂດຍຢັບຢັ້ງການສັງເກດຈົບເບີຣີລິນ ສານກຸ່ມນີ້ເອີ້ນວ່າ ແອນຕິຈົບເບີຣີລິນ (antigibberelline) ເຊັ່ນ: AMO-1618, Cycocel (CCC), Phosphon-D, Ancymidol, Alar (B-nine) ແລະ Paclobutrazol, ສານກຸ່ມນີ້ໄດ້ມີການນຳໄປໃຊ້ໃນການບັງຄັບໃຫ້ດອກໄມ້ປະດັບໃຫ້ເປັນພູມເຕ້ຍເຊັ່ນ: ຕົ້ນເບນຈາມາດ, ຕົ້ນຄິສມາສ, ໄມ້ບອນໄຊ, ໃນຕ່າງປະເທດໃຊ້ສານແອນຕິຈົບເບີຣີລິນສົດພື້ນເຂົ້າສາລີໃຫ້ມີຕົ້ນເຕ້ຍບໍລິມາດ.

3.3. ການເຄື່ອນຍ້າຍຈົບເບີຣີລິນໃນພືດ

ມີການສະກັດຈົບເບີຣີລິນໄດ້ທັງຈາກທໍ່ລຳລຽງນ້ຳ (xylem) ແລະ ທໍ່ລຳລຽງອາຫານ (phloem), ການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງຈົບເບີຣີລິນມີລັກສະນະເປັນ non-polar ແລະ ເຄື່ອນຍ້າຍໄປພ້ອມກັບທາດອົງຄະທາດໃນທໍ່ລຳລຽງອາຫານ. ສຳລັບການເຄື່ອນຍ້າຍຂອງຈົບເບີຣີລິນໃນທໍ່ລຳລຽງນ້ຳຍັງບໍ່ທັນມີຫຼັກຖານທີ່ຊັດເຈນ ແຕ່ເຊື່ອວ່າມີການເຄື່ອນຍ້າຍທາງດ້ານຂ້າງ (lateral transported) ຈາກທໍ່ລຳລຽງອາຫານ, ນອກຈາກນີ້ຈົບເບີຣີລິນທີ່ສັງເກດຂຶ້ນບໍລິເວນປາຍຮາກເຄື່ອນຍ້າຍສູ່ສ່ວນຕ່າງໆທາງໄຊແລ້ມ, ຍັງບໍ່ທັນເປັນທີ່ຊັດເຈນວ່າການເຄື່ອນຍ້າຍຈົບເບີຣີລິນຢູ່ໃນຮູບຂອງຮໍໂມນອິດສະຫຼະ ຫຼື ການຈັບຢູ່ກັບສານອື່ນ.

4. ອາຊິດແອບຊິສິກ (Absciscic acid: ABA)

ອາຊິດແອບຊິສິກຈັດເປັນຮໍໂມນພືດຊະນິດທີ່ມີຜົນໃນທາງຢັບຢັ້ງການຈະເລີນເຕີບໂຕ, ການວິໄຈທີ່ນຳໄປສູ່ການຄົ້ນພົບອາຊິດແອບຊິສິກ ມາຈາກຄວາມພະຍາຍາມຂອງນັກວິທະຍາສາດທີ່ຈະຄົ້ນຫາສານຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດສັງເກດຂຶ້ນ ແລະ ມີຜົນຊັກນຳໃຫ້ເກີດການພັກຕົວຂອງຕາ ແລະ ການຮ່ວງຂອງໝາກ ແລະ ໃບ F.T. Addicott ແລະ ຄະນະ (1963) ໄດ້ສະກັດສານທີ່ເຊື່ອວ່າກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການຮ່ວງຂອງໝາກອ່ອນຂອງຝ້າຍ ແລະ ຕັ້ງຊື່ວ່າ ແອັບຊິຊິນ (abscisin), ໃນປີດຽວກັນ P.F. Wereing ໄດ້ສະກັດສານທີ່ເຊື່ອວ່າຊັກນຳໃຫ້ເກີດການພັກຕົວຂອງຕາຂອງຕົ້ນ *Acer pseudoplatanus* ແລະ ຕັ້ງຊື່ວ່າ ດໍມິນ (dormin), ຕໍ່ມາພົບວ່າແອັບຊິຊິນ ແລະ ດໍມິນເປັນສານຊະນິດດຽວກັນ ແລະ ເອີ້ນຊື່ໃໝ່ວ່າ ອາຊິດແອບຊິສິກ (Absciscic acid) ເຊິ່ງມີໂຄງສ້າງດັ່ງຮູບ 4.29, ຕໍ່ມາພົບວ່າອາຊິດແອັບຊິສິກເປັນສານຄວບຄຸມການຈະເລີນ ຫຼື ຮໍໂມນທີ່ພືດທົ່ວໄປສັງເກດຂຶ້ນຈາກສານຕັ້ງຕົ້ນຄື ອາຊິດເມວາໂລນິນ (mevalonic acid) ເຊິ່ງມີການສັງເກດໃນແພຈູລັງທຸກພາກສ່ວນ ແລະ ຈະມີການສັງເກດເພີ່ມຫຼາຍຂຶ້ນເມື່ອພືດຢູ່ພາຍໃຕ້ສະພາວະກົດດັນເຊັ່ນ: ການຂາດນ້ຳ, ສະພາບດິນເຄັມ, ອຸນຫະພູມຕ່ຳຫຼາຍ ເປັນຕົ້ນ.



Absciscic acid (ABA)

ຮູບ 4.29 ໂຄງສ້າງຂອງ Absciscic acid

4.1. ການສັງເຄາະອາຊິດແອບຊິສິກ (biosynthesis of absciscic acid)

ບໍລິເວນທີ່ມີການສັງເຄາະ ABA ໃນພືດຍັງບໍ່ທັນຮູ້ຢ່າງຊັດເຈນ, ແຕ່ເຊື່ອວ່າເກືອບທັງໝົດເກີດຂຶ້ນໃນໃບແກ່ທີ່ມີສີຂຽວ ໂດຍມີການສັງເຄາະບໍລິເວນແພຈຸລັງມີໄຊຟິນໃນສ່ວນຂອງໄຊໂຕພລາສຊິມຂອງຈຸລັງ ແລະ ສະສົມໄວ້ທີ່ຄໍໂຮພລາສ, ມີລາຍງານວ່າພລາສຕິດໂດຍສະເພາະຄໍໂຮພລາສອາດມີບົດບາດເປັນສູນລວມການສັງເຄາະ ABA ກໍ່ໄດ້. ການສັງເຄາະ ABA ມີລາດັບການສັງເຄາະຈາກ mevalonic acid ໂດຍການສັງເຄາະທາງກົງເພື່ອສັງເຄາະ farnesyl pyrophosphate ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນພາກຣາ, ສ່ວນການສັງເຄາະທາງອ້ອມຜ່ານການສ້າງ violaxanthin ແລະ xanthoxin ເຊິ່ງເກີດຂຶ້ນໃນພືດຂຶ້ນສູງ. ສໍາລັບການສັງເຄາະ ABA ໃນພືດນັ້ນມີຄວາມສໍາພັນກັບການສັງເຄາະ carotenoid ດ້ວຍ ABA ຖືກຍ່ອຍສະຫຼາຍໄດ້ 2 ລັກສະນະຄື: ການປ່ຽນເປັນ abscisyl-β-D-glucopuranoside ເຊິ່ງເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ສາມາດຍ້ອນກັບໄດ້ ແລະ ການປ່ຽນເປັນ 6'-hydroxymethyl ABA, phaseic acid ຫຼື 4'-dihydrophaseic acid ເຊິ່ງເປັນປະຕິກິລິຍາທີ່ບໍ່ສາມາດຍ້ອນກັບໄດ້.

4.2. ບົດບາດ ແລະ ຜົນຂອງອາຊິດແອບຊິສິກຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ

4.2.1. ການປິດຂອງປາກໃບ (stomatal closure)

ເປັນທີ່ຮັບຮູ້ກັນແລ້ວວ່າໃນສະພາບວິກິດພືດຈະມີການສ້າງ ABA ໂດຍສະເພາະໃນສະພາບທີ່ຂາດນໍ້າພືດຈະມີການສ້າງ ABA ຢູ່ປາຍຮາກ ແລະ ເຄື່ອນທີ່ໄປສູ່ລໍາຕົ້ນ ແລະ ໃບສົ່ງຜົນໃຫ້ມີການປິດປາກໃບ ແລະ ການໃຫ້ ABA ຈາກພາຍນອກກໍ່ເຊັ່ນດຽວກັນຈະເຮັດໃຫ້ເກີດການປິດຂອງປາກໃບ ໂດຍ ABA ໜ້າຈະມີບົດບາດກ່ຽວຂ້ອງກັບການປ່ຽນແປງ K^+ ໃນຈຸລັງຄຸມປາກໃບ, ນອກຈາກ ABA ແລ້ວຍັງພົບວ່າໄຊໂຕໄຄນິນສາມາດກະຕຸ້ນການປິດປາກໃບ, ດັ່ງນັ້ນການປິດປາກໃບໜ້າຈະກ່ຽວຂ້ອງກັບຄວາມດຸ່ນດ່ຽວຂອງປະລິມານ ABA ແລະ ໄຊໂຕໄຄນິນໃນພືດ.

4.2.2. ການທົນທານຕໍ່ສະພາບວິກິດ

ການເພີ່ມລະດັບ ABA ໃນພືດສາມາດເພີ່ມລະດັບຄວາມທົນທານຕໍ່ສະພາບວິກິດຂອງພືດ ໂດຍສະເພາະຢ່າງຍິ່ງສະພາບຄວາມເຄັມ ແລະ ອຸນຫະພູມສູງ-ຕໍ່າ, ມີລາຍງານວ່າມີການສັງເກດ ABA ຂະນະທີ່ມີການລອກລະຫັດທາງກຳມະພັນໃນຂະບວນການການສະແດງອອກຂອງຢີນ (gene) ໃນພືດທີ່ໄດ້ຮັບສະພາບວິກິດ.

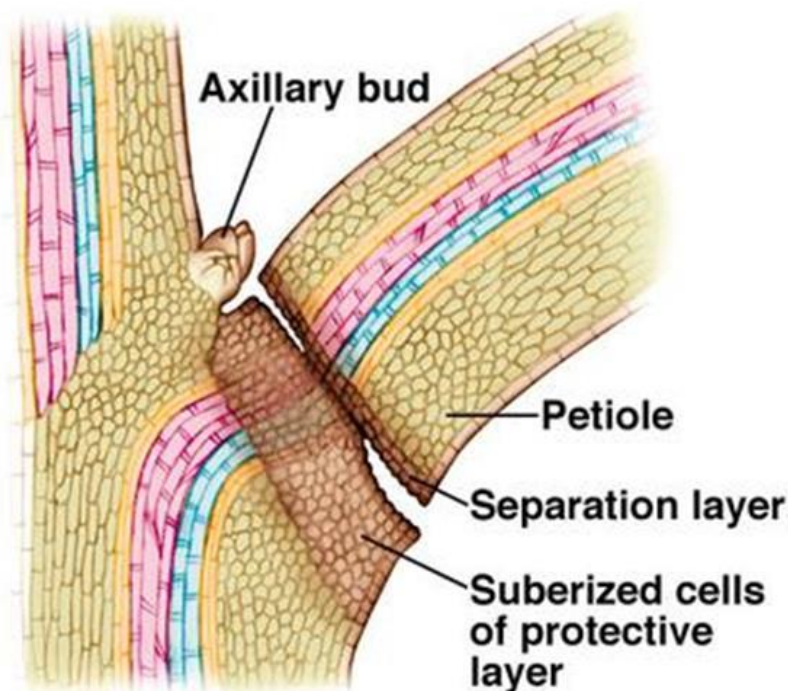
4.2.3. ການພັກຕົວ

ໃນການຄົ້ນພົບ ABA ໃນໄລຍະທາອິດພົບວ່າມັນມີບົດບາດໃນການຢັບຢ້ຽມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕາ ແລະ ເຮັດໃຫ້ເກີດການພັກຕົວຂອງຕາ. ນອກຈາກນີ້ໃນເມັດພືດທີ່ມີການພັກຕົວພົບວ່າ ປະລິມານ ABA ໃນເມັດຂ້ອນຂ້າງສູງ ໂດຍສະເພາະພືດໃນເຂດໜາວ, ເຊິ່ງເຊື່ອວ່າ ABA ມີຜົນຢັບຢ້ຽມການສັງເກດ RNA ແລະ ໂປຼຕິນ, ນອກຈາກນີ້ຂີ້ເບີຣີລິນສາມາດລົບລ້າງອິດທິພົນຂອງ ABA ໄດ້.

4.2.4. ການຫຼຸດຫຼົ່ນ

ABA ມີບົດບາດເປັນສານສົ່ງສັນຍານໃຫ້ພືດເສື່ອມຕາມອາຍຸຄື: Senescence ເປັນພາວະທີ່ສ່ວນຂອງພືດເຊັ່ນ: ໃບ, ໝາກ, ດອກມີອາຍຸແກ່ເຕັມທີ່ພ້ອມທີ່ຈະຫຼຸດຫຼົ່ນຈາກກົ່ງ ຫຼື ລຳຕົ້ນ ແລະ ສົ່ງສັນຍານໃຫ້ພືດສ້າງ ABA ໄປກະຕຸ້ນບໍລິເວນທີ່ແກ້ສ້າງ Ethylene, ເຊິ່ງ Ethylene ຈະກະຕຸ້ນການຫຼຸດຫຼົ່ນໂດຍກະຕຸ້ນໃຫ້ກົກໃບສ້າງສານພິເສດຂຶ້ນ 2 ດ້ານຄື: ດ້ານຕິດກັບລຳຕົ້ນ (Protective layer) ສະສົມສານທີ່ເຮັດໃຫ້ຂອບຈຸລັງແຂງແຮງເພື່ອປ້ອງກັນຮອຍແຜ ແລະ ດ້ານນອກລຳຕົ້ນ (Abscission layer) ສ້າງສານເຮັດໃຫ້ຈຸລັງອ່ອນນຸ້ມ (ໂດຍການສັງເກດເອັນໄຊ Cellulase, Polygalacturonase ອອກມາຍ່ອຍຂອງຈຸລັງເຮັດໃຫ້ຂອງຈຸລັງອ່ອນຕົວ)ເຮັດໃຫ້ຈຸລັງແຍກອອກຈາກກັນໄດ້ງ່າຍແລ້ວເຮັດໃຫ້ເກີດການຫຼຸດຫຼົ່ນ.

Leaf Abscission Zone



ຮູບ 4.30 ການຕັ້ງການຫຼົ່ນຂອງໃບ

4.3. ການເຄື່ອນຍ້າຍອາຊິດແອບຊິສິກໃນພືດ

ການເຄື່ອນຍ້າຍ ABA ມີທັງການເຄື່ອນຍ້າຍໃນໄຊແລັມ ແລະ ໂຟແອັມ, ໂດຍມີການເຄື່ອນຍ້າຍໃນໂຟແອັມຫຼາຍກວ່າ, ມີລາຍງານວ່າເມື່ອໃຫ້ ABA ກັບພືດພົບວ່າມີການເຄື່ອນຍ້າຍຂຶ້ນດ້ານເທິງທາງລຳຕົ້ນ ແລະ ເຄື່ອນຍ້າຍລົງບໍລິເວນຮາກໂດນເຄື່ອນຍ້າຍທາງ phloem sap.

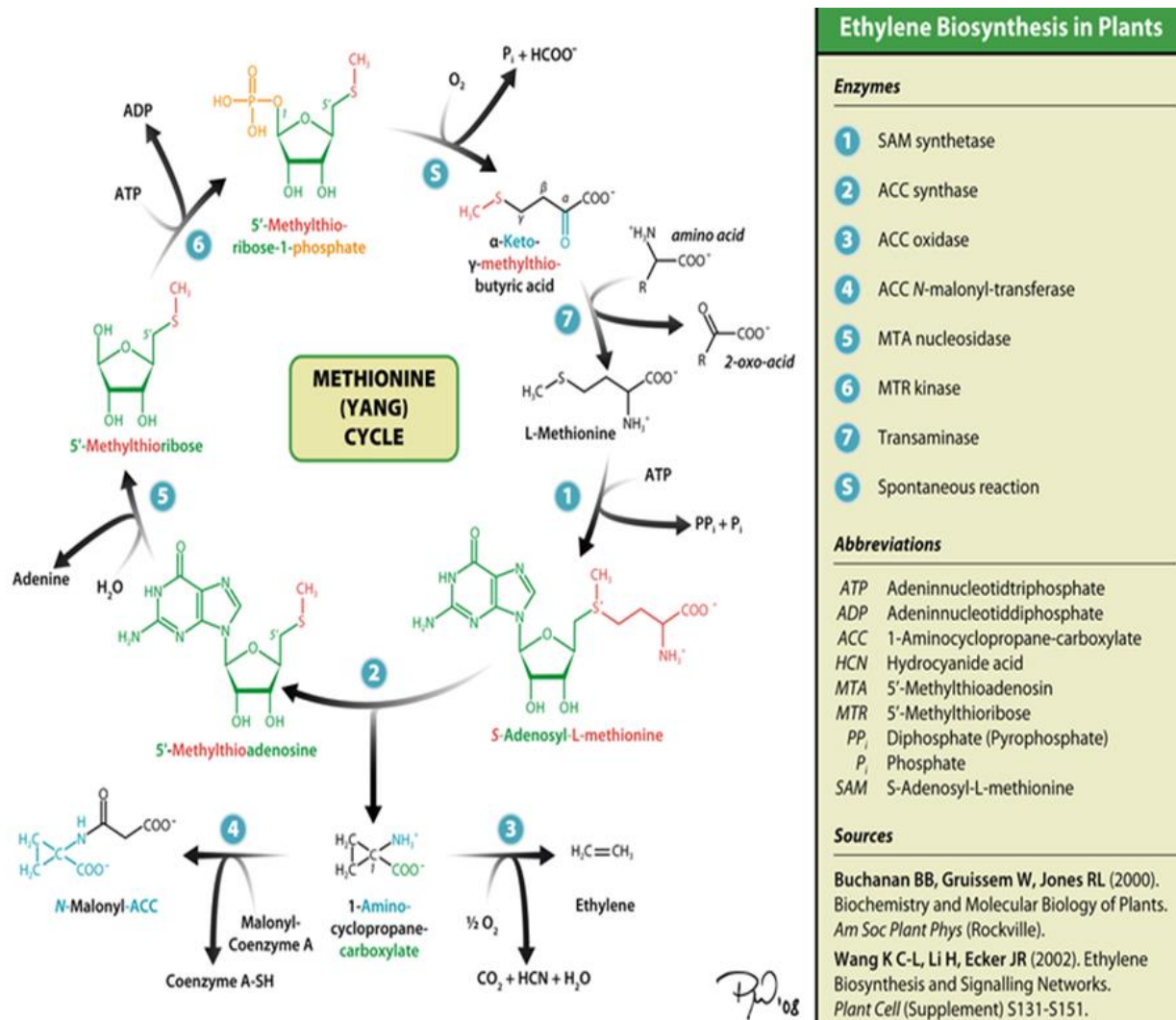
5. ເອທິລິນ (Ethylene)

ນັກພຶກສາດສັງເກດວ່າເອທິລິນມີຜົນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດມາເປັນເວລາກວ່າຮ້ອຍປີແລ້ວ ຕັ້ງແຕ່ໃນຍຸກທີ່ປະເທດໃນເອີຣົບຍັງໃຊ້ກ້າສເປັນເຊື້ອໄຟ ໃນການຈຸດໄຟໃຫ້ແສງສະຫວ່າງຕາມຖະໜົນຫົນທາງ ໂດຍພົບວ່າຕົ້ນໄມ້ທີ່ຢູ່ໃກ້ແນວທີ່ກ້າສທີ່ຮົ່ວໃບຂອງມັນຈະຮ່າງຫຼົ້ນໝົດ. ໃນປີ ຄ.ສ 1901 ນັກພຶກສາດຊາວລັດເຊຍຊື່ Dimitry Neljubov ໄດ້ສຶກສາຜົນຂອງກ້າສແຕ່ລະຊະນິດທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງກ້າສທີ່ໃຊ້ເປັນເຊື້ອໄຟຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດພົບວ່າ ກ້າສເອທິລິນເປັນກ້າສຊະນິດດຽວທີ່ມີຜົນຕໍ່ການເຕີບໂຕຂອງຕົ້ນອ່ອນຂອງຕົ້ນຖົ່ວທີ່ປູກໃນທີ່ມືດໂດຍຢັບຢັ້ງການຢຶດຕົວຂອງລຳຕົ້ນ, ກະຕຸ້ນການຂະຫຍາຍ ຕົວແນວຂ້າງຂອງລຳຕົ້ນ ແລະ ຊັກນຳໃຫ້ເກີດການຈະເລີນໃນແນວນອນ ເຊິ່ງລັກສະນະສາມຢ່າງນີ້ລວມເອີ້ນວ່າ Triple response.

ຕໍ່ມາຍັງພົບວ່າກ້າສເອທິລິນມີຜົນຕໍ່ຂະບວນການອື່ນໆອີກຫຼາຍຢ່າງ ລວມທັງການຮ່ວງຫຼົ້ນຂອງໃບ ແລະ ໝາກ, ການສຸກຂອງໝາກ, ການເສື່ອມຂອງໃບ, ການກຳນົດເພດຂອງດອກເປັນຕົ້ນ, ໃນປີ ຄ.ສ 1934 R. Gane ພົບວ່າເອທິລິນເປັນຜົນຜະລິດຂອງເມຕາໂບລິສຊົມຂອງແພຈຸລັງເກືອບທຸກສ່ວນ ໂດຍສະເພາະຢ່າງຍິ່ງໝາກກຳລັງສຸກ ແລະ ແພຈຸລັງທີ່ໄດ້ຮັບສະພາລະກົດດັນ, ເອທິລິນທີ່ສັງເກດຂຶ້ນຈາກເໜືອເຍື່ອບໍລິເວນໜຶ່ງສາມາດແພ່ກະຈາຍໄປສູ່ສາວນອື່ນໆ ໂດຍການແພ່ໄປຕາມຊ່ອງອາກາດລະຫວ່າງຈຸລັງ ແລະ ຍັງສາມາດແພ່ຈາກຈຸລັງໜຶ່ງເຂົ້າສູ່ຈຸລັງໜຶ່ງໂດຍຜ່ານໄຊໂທໂຊນ ແລະ ສາມາດແພ່ໄປຕາມຂອງແຫຼວໃນທໍ່ລຳໂຟແອັມໄດ້ອີກດ້ວຍ.

5.1. ການສັງເຄາະເອທິລິນ (biosynthesis of ethylene)

ໃນພືດຊັ້ນສູງເຊື້ອວ່າມີທາດຕັ້ງຕົ້ນຫຼາຍຕົວເຊັ່ນ L-methionine ໂດຍເລີ່ມຈາກກົດອາມິໂນຊະນິດເມໄທໂອນິນທຳປະຕິກິລິຍາກັບ ATP ເກີດເປັນ S-adenosylmethionine (SAM), ຕໍ່ມາ SAM ຈະປ່ຽນເປັນ 1-Amino-cyclopropanecarboxylic acid (ACC), ຕໍ່ມາ ACC ຈະສະຫຼາຍຕົວເປັນເອທິລິນໂດຍກົດຈະກຳຂອງເອັນໄຊທີ່ຢູ່ຕິດຢູ່ໃນເຈ້ຍຫຸ້ມຂອງແວຄິວໂອນຕີ EFE (ethylene forming enzyme). ຈາກການສຶກສາພົບວ່າຂັ້ນຕອນການກຳຈັດເອທິລິນຄືຂັ້ນຕອນການສ້າງ ACC ຈາກ SAM ເຊິ່ງຄະຕະໄລໂດຍເອັນໄຊ ACC synthase ເຊິ່ງຖືກກະຕຸ້ນໂດຍປັດໃຈພາຍນອກເຊັ່ນ: ການເກີດບາດແຜ, ການສຳຜັດ, ການຂາດນ້ຳ, ການຖືກນ້ຳຖ້ວມ ແລະ ປັດໃຈພາຍໃນເຊັ່ນ: ປະລິມານອອກຊີເຈນສູງ, ຂະບວນການສຸກຂອງ ໝາກ ແລະ ຂະບວນການເສື່ອມຂອງດອກ ເປັນຕົ້ນ.



ຮູບ 4.31 ການສັງເຄາະເອທິລິນ

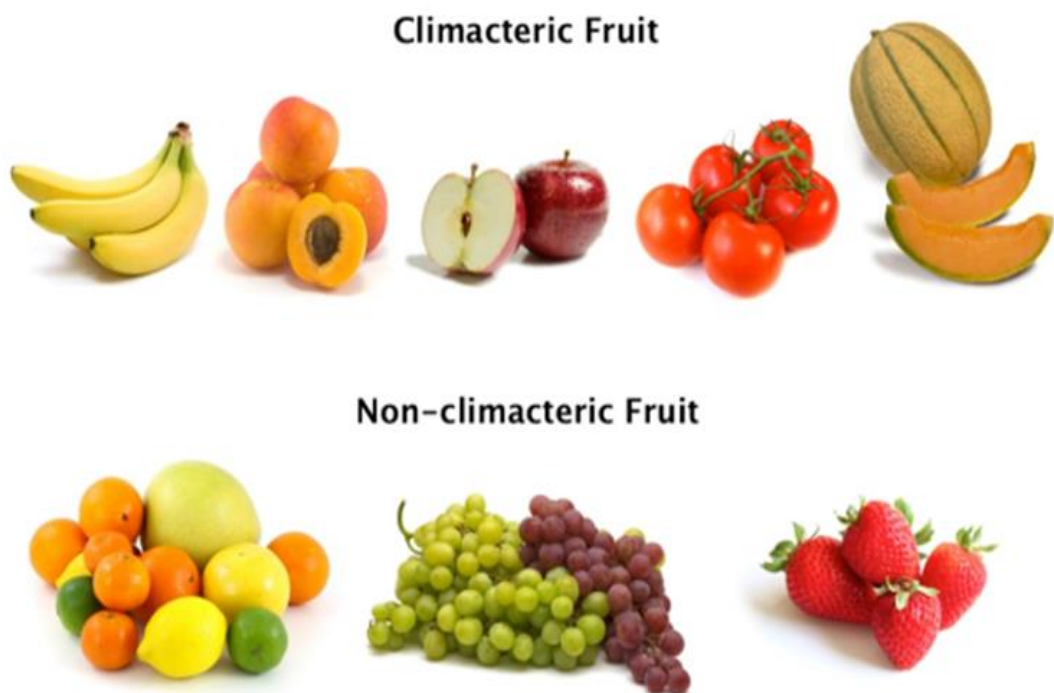
5.2. ບົດບາດ ແລະ ຜົນຂອງເອທິລິນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ

5.2.1. ການສຸກຂອງໝາກ (fruit ripening)

ໝາກໄມ້ຫຼາຍຊະນິດເຊັ່ນ: ໝາກກ້ວຍ, ແອັບເປີລ, ໝາກເຂືອເທດ, ໝາກມ່ວງ, ອາໂວຄາໂດ, ຖົ່ວລຽນ ເປັນໝາກຊະນິດ Climacteric fruit ຄືເມື່ອໝາກແກ່ຈັດກ່ອນຈະສຸກຈະມີອັດຕາການຫາຍໃຈສູງຫຼາຍເປັນເວລາ 1-3 ວັນ ແລ້ວກັບຫຼຸດລົງ (Climacteric respiration) ເຊິ່ງການທີ່ໝາກມີອັດຕາການຫາຍໃຈສູງຫຼາຍເນື່ອງຈາກ ຕ້ອງໃຊ້ພະລັງງານຈຳນວນຫຼາຍໃນຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມເຊິ່ງນຳໄປສູ່ການສຸກເຊັ່ນ: ການອ່ອນຕົວຂອງຂອບ ຈຸລັງເຮັດໃຫ້ເຮັດໃຫ້ໝາກອ່ອນນຸ້ມ, ການປ່ຽນແປງເປັນນ້ຳຕານ, ການສັງເຄາະສານລະເບີຍຕ່າງໆ, ການສັງເຄາະ ເມັດສີເພື່ອໃຫ້ໝາກໄມ້ປ່ຽນເປັນສີຕ່າງໆ ເປັນຕົ້ນ. ນອກນັ້ນໃນໝາກໄມ້ພວກນີ້ພົບວ່າ ຈະມີການສັງເຄາະກ້າສເອ ທິລິນໃນປະລິມານສູງຫຼາຍກ່ອນທີ່ຈະເກີດການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງອັດຕາການຫາຍໃຈ (ຮູບ 4.32) ແລະ ປະລິມານເອທິ ລິນມີຄວາມສຳພັນກັບອັດຕາການຫາຍໃຈ ເຊິ່ງໝາກໄມ້ຍິ່ງສັງເຄາະກ້າສເອທິລິນຫຼາຍກໍ່ຍິ່ງມີອັດຕາການຫາຍໃຈສູງ

ຫຼາຍ ແລະ ເລັ່ງໃຫ້ມີການປ່ຽນແປງຕ່າງໆທີ່ນຳໄປສູ່ກາສຸກຂອງໝາກ, ສະນັ້ນເອທິລິນຈຶ່ງມີບົດສຳຄັນຢ່າງຍິ່ງໃນຂະບວນການສຸກຂອງໝາກໄມ້ ແລະ ກຳສເອທິລິນທີ່ປົດປ່ອຍອອກມາຈາກໝາກໜຶ່ງຍັງສາມາດຊີ້ນຳໃຫ້ເກີດການສຸກຂອງໝາກທີ່ຢູ່ໃນພາຊະນະດຽວກັນ.

ປະຈຸບັນໄດ້ມີການໃຊ້ກຳສເອທິລິນຊ່ວຍໃນການເລັ່ງໃຫ້ໝາກສຸກ ໂດຍສະເພາະໝາກໄມ້ຈຳພວກກວຍຫອມ, ໝາກມ່ວງ ເຊິ່ງຕ້ອງເຮັດການຂົນສົ່ງຕ່າງປະເທດໃນຂະນະທີ່ຍັງດິບຢູ່ ເມື່ອໄປເຖິງຕະຫຼາດຂອງປະເທດຜູ້ຮັບຊື້ແລ້ວຈຶ່ງເລັ່ງໃຫ້ສຸກດ້ວຍກຳສເອທິລິນ ຫຼື ສານເອທິຟອນ (ethephon) ເຊິ່ງເປັນສານທີ່ສະຫຼາຍຕົວໃຫ້ກຳສເອທິລິນ. ສ່ວນໝາກໄມ້ອີກກຸ່ມໜຶ່ງເຊິ່ງເປັນພວກ Non- Climacteric fruit (ຮູບ 4.17) ເຊັ່ນ: ໝາກກ້ຽງ, ໝາກນາວ, ໝາກນັດ ແລະ ລຳໄຍ ໝາກໄມ້ພວກນີ້ບໍ່ມີການສ້າງເອທິລິນ ແລະ ການເພີ່ມສູງຂຶ້ນຂອງອັດຕາການຫາຍໃຈ, ໝາກໄມ້ເຫຼົ່ານີ້ເມື່ອເກັບກ່ຽວມາແລ້ວຈະມີການປ່ຽນແປງເກີດຂຶ້ນໜ້ອຍຫຼາຍ, ລັກສະນະ ແລະ ທຳມະຊາດຂອງໝາກຈະຄົງທີ່ຄື ຕັ້ງແຕ່ເກັບກ່ຽວມາຈົນກະທັ້ງໝົດອາຍຸໄປ, ສະນັ້ນຈຶ່ງຕ້ອງເກັບກ່ຽວໝາກໄມ້ພວກນີ້ເມື່ອແກ່ຈັດເຕັມທີ່ມີລົດຊາດຕາມທີ່ຕ້ອງການແລ້ວເທົ່ານັ້ນ ເຊິ່ງຕ່າງຈາກໝາກພວກ Climacteric ເຊິ່ງສາມາດເກັບກ່ຽວໃນຂະນະທີ່ໝາກແກ່ຈັດແຕ່ຍັງດິບຢູ່ ແລະ ເມື່ອນຳມາປະໄວ້ຈະມີການສຸກເກີດຂຶ້ນ.



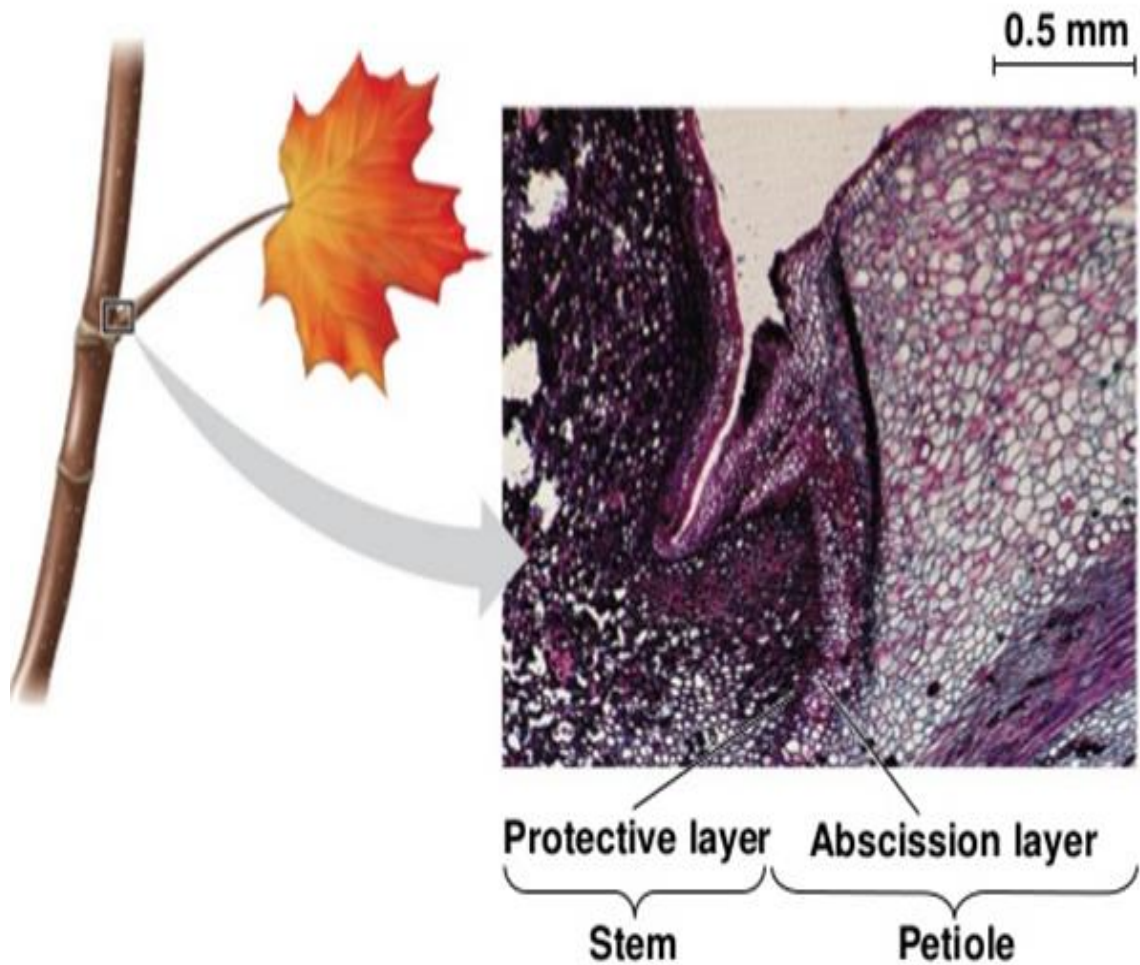
ຮູບ 4.32 ເອທິລິນກັບການສຸກຂອງໝາກ

5.2.2. ການຮ່ວງ (abscission)

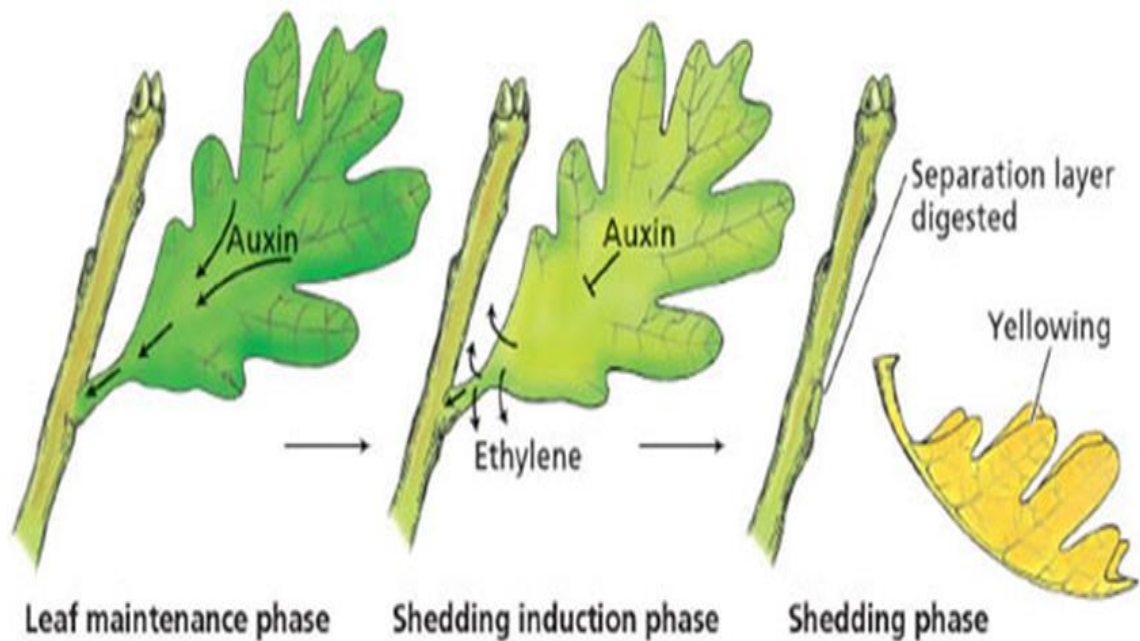
ການຮ່ວງຂອງໃບ, ດອກ ແລະ ໝາກເກີດຂຶ້ນໂດຍການປ່ຽນແປງທາງສັນຖານວິທະຍາ ແລະ ຊີວະເຄມີຂອງຈຸລັງໃນບໍລິເວນແນວການຮ່ວງ (abscission layer) ທີ່ກົກຂອງກ້ານ (ຮູບ 4.33) ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍຈຸລັງພາເຣັນໄຄມາຂະໜາດນ້ອຍບຽດກັນແໜ້ນ, ມີຂອບຈຸລັງບາງ ແລະ ບໍ່ມີຈຸລັງໄຟເບີອ້ອມຮອບທໍ່ລຳລຽງບໍລະເວນນີ້. ການຮ່ວງຂອງໃບເກີດຂຶ້ນເມື່ອຈຸລັງໃນບໍລິເວນແນວການຮ່ວງມີການສັງເຄາະເອັນໄຊເຊັ່ນ: cellulase, polygalacturonase ສົ່ງອອກມາຍ່ອຍອົງປະກອບຂອງຂອບຈຸລັງ ເຮັດໃຫ້ຂອບຈຸລັງອ່ອນຕົວ ປະກອບກັບນ້ຳໜັກໃບ ແລະ ກະແສລົມເຮັດໃຫ້ໃບຮ່າງຫຼົ່ນໄປ.

ເອທິລິນເປັນຮໍໂມນທີ່ເລັ່ງຂະບວນການຮ່ວງໃນຂະຫຼັກອອກຊີ້ນຢັບຢັ້ງຜົນຂອງເອທິລິນ, ຮໍໂມນທັງສອງຊະນິດນີ້ເຮັດວຽກຕ້ານກັນຕັ້ງແຕ່ໃນຂະນະທີ່ໃບຍັງແຂງແຮງຢູ່ ໂດຍໃບຈະສັງເຄາະອອກຊີ້ນຈຳນວນຫຼາຍເຊິ່ງ

ເຄື່ອນຍ້າຍລົງມາກ້ານໃບ ແລະ ຍັບຢັ້ງການສັງເຄາະເອັນໄຊທີ່ບໍລິເວນແນວການຮ່ວງ ຕໍ່ມາເມື່ອໃບແກ່ຈັດຈະເລີ່ມເຂົ້າສູ່ໄລຍະຊັກນໍ້າໄລຍະຊັກນໍ້າໃຫ້ເກີດການຮ່ວງ ອັດຕາການສັງເຄາະເອທິລິນຈະເພີ່ມຫຼາຍຂຶ້ນ, ຈາກນັ້ນເອທິລິນກໍ່ຈະມີຜົນໄປຍັບຢັ້ງການເຄື່ອນທີ່ຂອງອອກຊິນ ແລະ ເລັ່ງການທຳລາຍອອກຊິນດ້ວຍ, ຈາກປະລິມານຂອງອອກຊິນທີ່ຫຼຸດລົງເຮັດໃຫ້ຈຸລັງພາເຣັນໄຄມາບໍລິເວນແນວການຮ່ວງຕອບສະໜອງຕໍ່ເອທິລິນໄດ້ດີຂຶ້ນ, ໂດຍເອທິລິນຈະກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການສະແດງອອກຂອງຢີນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການສັງເຄາະເອັນໄຊຍ່ອຍຂອບຈຸລັງ ແລະ ຂົນສົ່ງເອັນໄຊອອກສູ່ຂອບຈຸລັງຫຼາຍຍິ່ງຂຶ້ນເຮັດໃຫ້ຂອບຈຸລັງອ່ອນຕົວລົງຈາກນັ້ນຈຸລັງຈະແຍກຕົວອອກຈາກກັນແລ້ວເກີດການຮ່ວງໃນທີ່ສຸດ (ດັ່ງຮູບ 4.33)



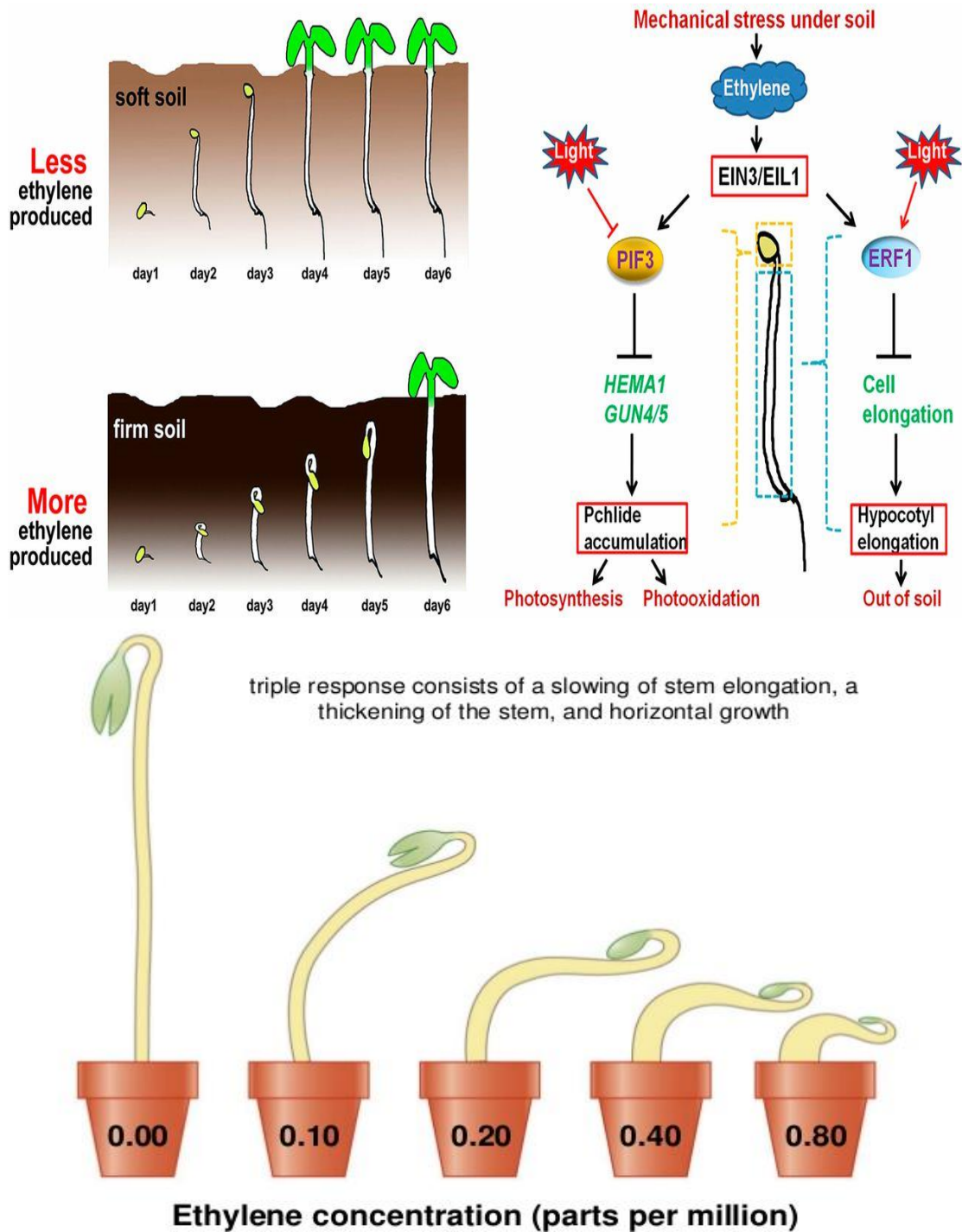
ຮູບ 4.33 ສະແດງບໍລິເວນແນວການຮ່ວງ



ຮູບ 4.34 ຜົນການຢັບຢັ້ງ ແລະ ການກະຕຸ້ນການຮ່ວງຫຼົ່ນຂອງໃບ

5.2.3. ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງຕົ້ນອ່ອນ (seedling growth)

ຕົ້ນອ່ອນຂອງພືດໃບລ້ຽງຄູ່ສ່ວນຫຍ່ ແລະ ພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວບ່ຽງຊະນິດທີ່ກ້າໃນບ່ອນມືດ, ຖ້າໄດ້ຮັບກຳສເອ ທີລິນຈະສະແດງອາການຜິກປົກກະຕິ 3 ຢ່າງທີ່ເອີ້ນວ່າ triple response ຄື: ອັດຕາການຢຶດຕົວຂອງລຳຕົ້ນຈະຫຼຸດລົງ, ມີການຈະເລີນເຕີບໂຕໃນແນວຂ້າງເພີ່ມຂຶ້ນ ເຮັດໃຫ້ເກີດການພອງຕົວຂອງແພຈຸລັງບໍລິເວນໃຕ້ຕະຂໍທີ່ປາຍຍອດ ແລະ ມີການຈະເລີນຂອງລຳຕົ້ນໃນແນວນອນ (ຮູບ 4.35) ລັກສະນະທີ່ເກີດຂຶ້ນນີ້ ເນື່ອງຈາກເອທີລິນຊັກນາ ໃຫ້ເກີດການປ່ຽນແນວການຈັດລຽງຕົວຂອງໄມໂຄຼທິວບຸນໃນໄຊໂທພລາສຊິມ ແລະ ແຊລລູໂລສໄມໂຄຼໄຟຟຼລໃນຂອງຈຸລັງຈາກປົກກະຕິທີ່ຢູ່ໃນແນວຂວາງກັບແກນຍືນຂອງລຳຕົ້ນມາຢູ່ໃນແນວຂະໜານກັບແກນຍືນຂອງລຳຕົ້ນເຮັດໃຫ້ຈຸລັງຢຶດຕົວໃນແນວນອນ, ການທີ່ລຳຕົ້ນມີການຈະເລີນເຕີບໂຕໃນແນວນອນມີຄວາມສຳຄັນໃນລະຫວ່າງການງອກຄື: ລຳຕົ້ນທີ່ກຳລັງຢຶດຕົວຜ່ານດິນຂຶ້ນມາເມື່ອກະທົບກັບວັດຖຸແຂງເຊິ່ງຂັດຂວາງການຢຶດຕົວຂອງລຳຕົ້ນແນວດັ່ງ ພືດກໍຈະສັງເກດເອທີລິນເຊິ່ງຊັກນາໃຫ້ເກີດການຈະເລີນເຕີບໂຕໃນແນວນອນເພື່ອຫຼົງຫຼີກສິ່ງກົດຂວາງນັ້ນ ແລະ ຫາທາງຢຶດຕົວໃຫ້ພື້ນດິນຕໍ່ໄປ.

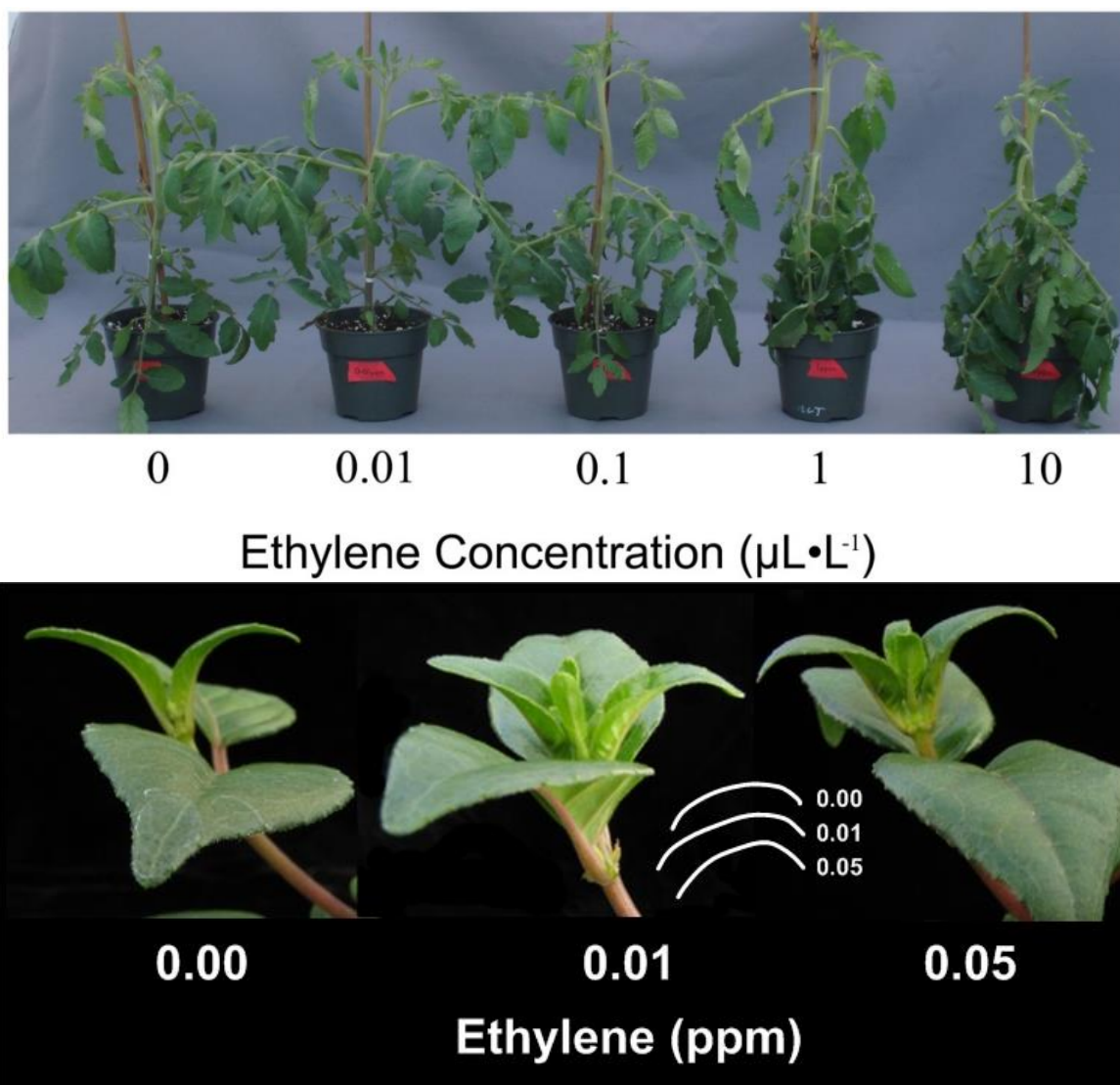


ຮູບ 4.35 ການສະແດງອອກຂອງຕົ້ນອ່ອນເມື່ອໄດ້ຮັບເອທິລິນຫຼາຍ ແລະ ໜ້ອຍ

5.2.4. ການໂຄ້ງລົງຂອງໃບ (epinasty)

ເອທິລິນ ແລະ ອອກຊິນໃນຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງ ແລະ ສະພາບນ້ຳຂັງເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ຮາດຂອດອອກຊິເຈນ, ປັດໃຈເຫຼົ່ານີ້ຈະຊັກນຳໃຫ້ເກີດການຈະເລີນຂອງຈຸລັງດ້ານເທິງຂອງກ້ານໃນ ແລະ ແຜ່ນໃບໃນອັດຕາສູງກວ່າ ຈະເລີນດ້ານລຸ່ມເປັນຜົນໃຫ້ໃບໄມ້ໂຄ້ງລົງເຊິ່ງເອີ້ນວ່າ ເອພິແນສຕີ (epinasty). ຈາກການສຶກສາໃນໝາກເຂືອເທດ ພົບວ່າໃນສະພາບຂາດອອກຊິເຈນປະຕິກິລິຍາການແລກປ່ຽນ ACC ເປັນເອທິລິນພາຍໃນຮາກຈະຖືກຢັບຢັ້ງ, ເຮັດໃຫ້ປະລິມານ ACC ສະສົມໃນຮາກເຊິ່ງຖືກສົ່ງຂຶ້ນໄປທີ່ລາຕິນ ແລະ ໃບແລ້ວປ່ຽນເປັນເອທິລິນ, ເມື່ອປະລິມານ

ເອທິລິນສູງຜິດປົກກະຕິຈະຊັກນຳໃຫ້ເກີດການຈະເລີນແບບເອພິແນສທີ່ຕັ້ງກ່າວ, ສ່ວນຜົນຂອງອອກຊິນນັ້ນເປັນຜົນທາງອ້ອມໂດຍອອກຊິນໃນຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງຈະຊັກນຳໃຫ້ເກີດການສັງເຄາະເອທິລິນ. ດັ່ງຮູບ 4.36 ລຸ່ມນີ້



ຮູບ 4.36 ເອທິລິນທີ່ມີຜົນຕໍ່ການໂຄ້ງລົງຂອງໃບ

5.2.5. ການເສື່ອມຂອງດອກ ແລະ ໃບ (senescence)

ເອທິລິນກະຕຸ້ນການເສື່ອມ ຫຼື ຊະລາ ແລະ ໃນທາງກົງກັນຂ້າມສານຢັບຢັ້ງປະຕິກິລິຍາການສັງເຄາະເອທິລິນເຊັ່ນ: aminoethoxyvinylglycine (AVG) ແລະ ໄອອອນຂອງໂຄບອນ (Co^{+2}) ແລະ ສານຢັບຢັ້ງການເຮັດວຽກຂອງເອທິລິນເຊັ່ນ: ໄອອອນຂອງເງິນ (Ag^{+}) ແລະ ກ້າສ CO_2 ສາມາດຊະລໍການເຊື່ອມໄດ້. ໃນທາງການຄ້າຈຶ່ງມີການໃຊ້ສານ AVG, silver thiosulfate, cobalt chloride, cobalt nitrate ໃນການຢືດອາຍຸການປັກເຈກັນຂອງດອກໄມ້ລາຄາແພງເຊັ່ນ: ຄາເນຊັນ, ແດບພໍດິລ, ເບນຈາມາດ ເປັນຕົ້ນ.

5.2.6. ການອອກດອກ (flowering)

ເອທິລິນກະຕຸ້ນໃຫ້ເກີດການອອກດອກໃນພືດບາງຊະນິດເຊັ່ນ: ໝາກນັດ ແລະ ໝາກມ່ວງ ໂດຍສະເພາະ ໝາກນັດນັ້ນມີການໃຊ້ ethephon ເຊິ່ງສານລະລາຍຕົວນີ້ເປັນກົາສເອທິລິນຢອດລົງໄປທີ່ຍອດຂອງໝາກນັດເພື່ອ ກະຕຸ້ນໃຫ້ອອກດອກພ້ອມກັນທັງໄຮ່ ປະກົດວ່າໄດ້ຜົນດີຫຼາຍ ແລະ ໃຊ້ເວລາດົນກວ່າ 20 ປີແລ້ວທັງໃນ ຕ່າງປະເທດ. ນອກຈາກນີ້ຍັງມີການໃຊ້ ethephon ກະຕຸ້ນພືດຕະກູນແຕງສ້າງດອກເພດແມ່ນເພີ່ມຂຶ້ນອີກດ້ວຍ.

IV. ການຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ

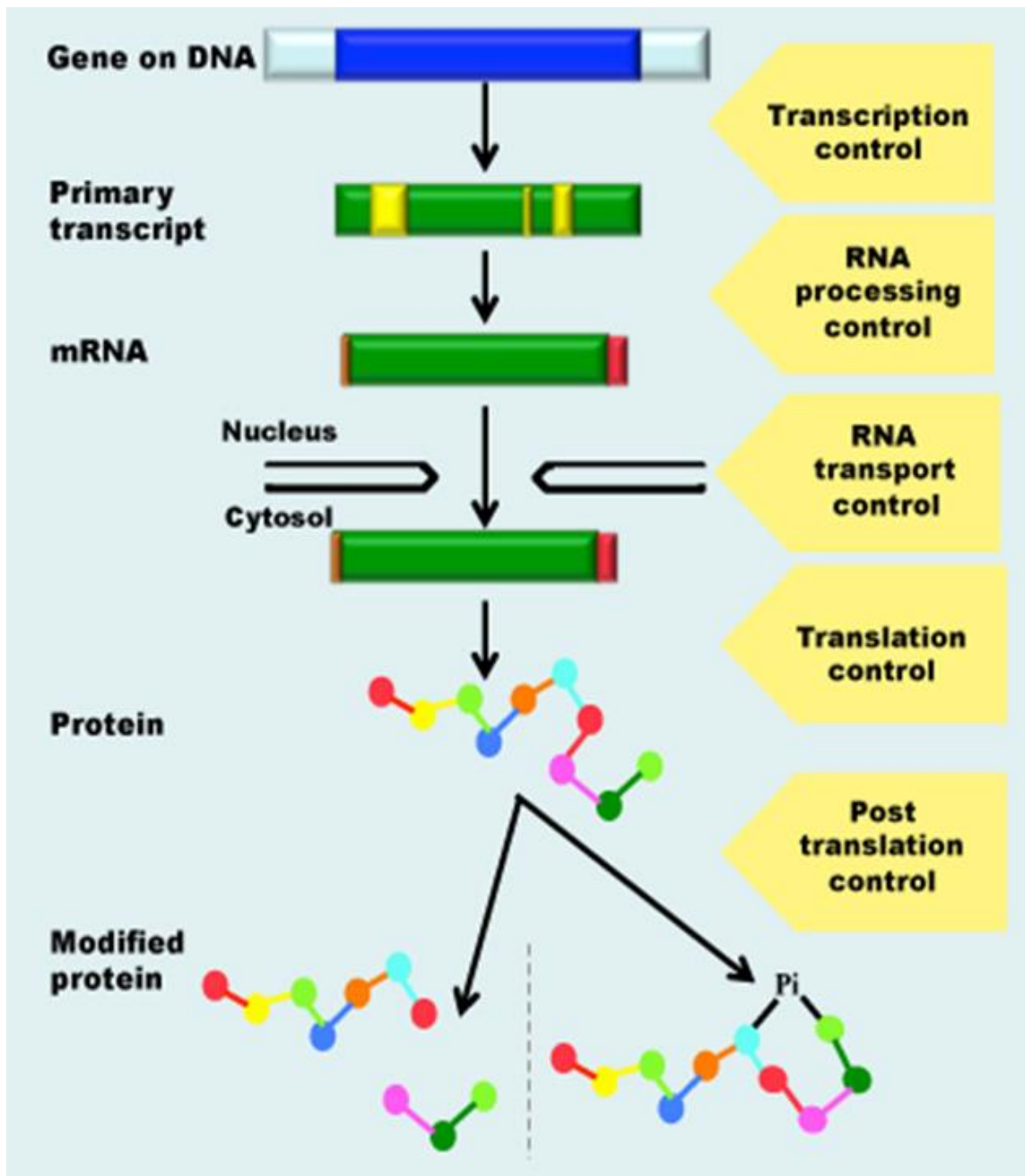
1. ກຳມະພັນກັບການຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ

ຈຸລັງທຸກໆຈຸລັງທີ່ປະກອບກັນເປັນພືດຕົ້ນໜຶ່ງ ມີຈຸດກຳເນີດມາຈາກໄຊໂກດພຽງຈຸລັງດຽວໂດຍການແບ່ງ ຕົວແບບໄມໂທຊິສ, ດັ່ງນັ້ນທຸກຈຸລັງຈຶ່ງມີຂໍ້ມູນກຳມະພັນໃນນິວເຄລຍສທີ່ຄືກັນ ແຕ່ຈຸລັງທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ຕ່າງກັນ ຈະມີລັກສະນະ ແລະ ກິດຈະກຳຕ່າງກັນ ເພາະໃນລະຫວ່າງຂະບວນການປ່ຽນແປງໄປເຮັດໜ້າທີ່ຂອງຈຸລັງ (cell differentiation) ມີກິນໄກຄວບຄຸມການສະແດງອອກຂອງຢີນໃຫ້ຖືກຕ້ອງຕາມການເວລາ ແລະ ຕາແໜ່ງທີ່ຢູ່ ພາຍໃນຈຸລັງ, ປັດໃຈທີ່ຄວບຄຸມການສະແດງອອກຂອງຢີນມີຫຼາຍຢ່າງໄດ້ແກ່: ສັນຍານຈາກສິ່ງແວດລ້ອມ, ຮໍໂມນ ທີ່ເຄື່ອນຍ້າຍມາຈາກສ່ວນຂອງພືດທີ່ຈະເລີນມາກອນ, ຊະນິດ ແລະ ປະລິມານອາຫານທີ່ຈຸລັງໄດ້ຮັບ, ຜົນຜະລິດ ຂອງຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມຂອງຈຸລັງທີ່ເກີດມາກ່ອນ ເປັນຕົ້ນ.

ການທີ່ພືດແຕ່ລະຕົ້ນຈະເລີນເຕີບໂຕຢ່າງປົກກະຕິນັ້ນ ຈະຕ້ອງມີການຄວບຄຸມການສະແດງອອກ ຂອງຢີນຢ່າງແນ່ນອນເຊັ່ນ: ໃນຕົ້ນໝາກເຂືອເທດຕົ້ນໜຶ່ງຈຸລັງເມໂຊຟິລຂອງໃບ, ຈຸລັງພາເຣັນຄີມາຂອງຮາກ ແລະ ຈຸລັງພາເຣັນຄີມາຂອງເນື້ອໝາກລ້ວນມີຂໍ້ມູນກຳມະພັນໃນໂຄໂມໂຊມຄືກັນ ແຕ່ຕຸລັງເມໂຊຟິລຂອງໃບເທົ່ານັ້ນທີ່ ສາມາດສ້າງຄໍໂຣພລາສທີ່ສົມບູນເພື່ອເຮັດໜ້າທີ່ສັງເຄາະແສງໄດ້ ນັ້ນຄືຢືນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບກ້ານສັງເຄາະເອັນໄຊ ຕ່າງໆທີ່ຄະຕະໄລການສັງເຄາະອົງປະກອບຕ່າງໆຂອງຄໍໂຣພລາສ ຈະຖືກຄວບຄຸມໃຫ້ມີການ ສະແດງອອກໃນຈຸລັງ ເມໂຊຟິລເມື່ອໄດ້ຮັບສັນຍານຈາກສິ່ງແວດລ້ອມຄືແສງ, ສ່ວນຈຸລັງພາເຣັນຄີມາຂອງຮາກເຖິງວ່າໄດ້ຮັບແສງກໍບໍ່ ສາມາດສ້າງຄໍໂຣພລາສໄດ້ ເພາະຈຸລັງຂອງຮາກຈະມີປັດໃຈອື່ນໆທີ່ຢັບຢ້ຽມການເຮັດວຽກຂອງຢີນຊຸດທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບ ການສ້າງຄໍໂຣພລາສ, ສ່ວນຈຸລັງຂອງໝາກໃນຂະນະທີ່ຍັງອ່ອນຢູ່ສາ ມາດສ້າງຄໍໂຣພລາສໄດ້ ແຕ່ເມື່ອໝາກແກ່ເລີ່ມ ຈະສຸກຢືນຊຸດທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການປ່ຽນຄໍໂຣພລາສໃຫ້ເປັນໂຄໂມພລາສກໍຈະຖືກກະຕຸ້ນໃຫ້ມີການສະແດງອອກ ເຮັດໃຫ້ການສັງເຄາະເອັນໄຊທີ່ທຳລາຍຄໍໂຣຟິລ ແລະ ມີການສັງເຄາະເອັນໄຊສຳລັບການສັງເຄາະຄາໂຣຕິນອຍ ແລະ ມີການປ່ຽນແປງແມມແບຼນພາຍໃນເຮັດໃຫ້ຄໍໂຣພລາສປ່ຽນແປງໄປເປັນໂຄໂມພລາສເຮັດໃຫ້ໝາກໄມ້ປ່ຽນເປັນ ສີແດງ.

ນອກຈາກນີ້ຍັງມີການສະແດງອອກຂອງຢີນຊຸດທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການປ່ຽນແປງລັກສະນະຂອງໝາກເຊັ່ນ: ຢືນສຳລັບການສັງເຄາະເອັນໄຊຍ່ອຍສານປະກອບໃນມົດເດິລລາເມລລາເຮັດໃຫ້ໝາກອ່ອນນຸ້ມ, ການປ່ຽນແປງເຫຼົ້າ ນີ້ຖືກກຳນົດໃຫ້ເກີດຂຶ້ນໃນແພຈຸລັງທີ່ຈຳເພາະຈະຈົງໃນຊ່ວງເວລາທີ່ເໝາະສົມ.

ການສະແດງອອກຂອງຢີນປະກອບດ້ວຍຫຼາຍຂັ້ນຕອນ (ຮູບທີ 4.37) ເລີ່ມຕົ້ນແຕ່ການຄາຍຕົວຂອງໂຄໂມ ມາທິນ, ການລອກລະຫັດ (transcription), ການຕັດແຕ່ງອາເອັນເອ(RNA process-sing, ການຂົນສົ່ງອາເອັນເອ ນຳລະຫັດ(mRNA transport), ການແປລະຫັດ (translation), ການດັດແປງໂພລິເພີບໂທຫຼັງການແປລະຫັດ (post-translation modification) ດັ່ງນັ້ນ, ໃນການສະແດງອອກຂອງຢີນໜຶ່ງໆ ເພື່ອສະແດງການສ້າງໂປຼຕິນໜຶ່ງ ໆຈຶ່ງເປັນຂະບວນການທີ່ສັບຊ້ອນມີປັດໃຈຫຼາຍຢ່າງທີ່ຄຸມແຕ່ລະຂັ້ນຕອນ.



ຮູບທີ 4.37 ສະແດງຂັ້ນຕອນການສະແດງອອກຂອງຢີນ

2. ສິ່ງແວດລ້ອມກັບຄວບຄຸມການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ

2.1. ແສງສະຫວ່າງ (light)

ມີຄວາມສໍາຄັນຕໍ່ສາລິລະວິທະຍາຂອງພືດ ໂດຍກ່ຽວຂ້ອງກັບຂະບວນການສັງເກດແສງເພື່ອໃຫ້ໄດ້ແປງ ແລະ ນໍ້າຕານມາໃຊ້ໃນກິດຈະກຳຕ່າງໆຂອງພືດ ເຊິ່ງມີອິດທິພົນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ, ພືດທີ່ເກີດໃນບ່ອນ ທີ່ມີແດດກ້າ ຫຼື ໃນຮົ່ມຈະມີການຈະເລີນເຕີບໂຕບໍ່ຄືກັນ, ບາງຊະນິດອາດເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນບ່ອນຮົ່ມແຕ່ບາງຊະນິດ ເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນບ່ອນແດດກ້າທັງນີ້ຂຶ້ນຢູ່ກັບຊະນິດຂອງພືດນັ້ນເອງ, ຕາມປົກກະຕິຖ້າມີແສງນ້ອຍພືດຈະມີການ ແບ່ງຕົວໃຫ້ຍືດຍາວໄດ້ຫຼາຍ ແລະ ໄວເຮັດໃຫ້ພືດມີລຳຕົ້ນທີ່ຍາວ ແລະ ໃບອ່ອນມີການເຕີບໂຕໜ້ອຍຕົ້ນພືດກໍ່ຈະ ມີສີຂຽວຊຶດຈາງເຖິງຂາວ.

ແສງທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດແບ່ງອອກເປັນ

2.1.1. ຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງ, ກ່ຽວຂ້ອງໂດຍກົງກັບການສັງເກດແສງ, ການເພີ່ມຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງໃຫ້ສູງຂຶ້ນມີຜົນເຮັດໃຫ້ການສັງເກດແສງສູງຂຶ້ນ ແລະ ເມື່ອສູງຂຶ້ນເຖິງຈຸດໜຶ່ງແລ້ວອັດຕາການສັງເກດແສງຈະບໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນອີກ, ຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງຍັງກ່ຽວຂ້ອງກັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດອີກດ້ວຍ ແລະ ພືດແຕ່ລະຊະນິດຕ້ອງການຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງແຕກຕ່າງກັນ. ນອກຈາກນີ້ຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງຍັງມີຜົນຕໍ່ການຕິດຂອງໝາກໄມ້ ແລະ ຕົ້ນໄມ້ໃຫ້ໝາກດ້ານທີ່ຢູ່ໃນຮົ່ມໄດ້ຮັບແສງໜ້ອຍຈະຕິດໝາກໜ້ອຍ ເນື່ອງຈາກດອກມີການຈະເລີນຜິດປົກກະຕິ ແລະ ບໍ່ເກີດການປະຕິສິນທິ, ໃນໄມ້ດອກຄວາມເຂັ້ມຂອງແສງທີ່ຫຼາຍເກີນໄປຈະເຮັດໃຫ້ສີຂອງດອກຊືດຈາງລົງເນື່ອງຈາກເມັດສີຖືກທຳລາຍ

2.1.2. ຄຸນນະພາບຂອງແສງ, ແສງອາທິດທີ່ສ່ວນມາສູ່ພື້ນໂລກມີຄວາມຍາວຄືນແສງແຕກຕ່າງກັນ, ຊ່ວງຄວາມຍາວຄືນແສງທີ່ຈະເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ພືດໂດຍພຶດຈະສາມາດນຳໄປໃຊ້ປະໂຫຍດໃນການສັງເກດແສງຢູ່ໃນຊ່ວງ 380-760 ນາໂນແມັດ ແລະ ຄໍໂຣຟິນ ເອ ເຊິ່ງພົບໃນພືດສີຂຽວທຸກຊະນິດຈະດູດແສງໄດ້ດີທີ່ສຸດທີ່ຄວາມຍາວຄືນແສງເຊິ່ງມີສູນກາງປະຕິກິລິຍາທີ່ 680 ແລະ 760 ນາໂນແມັດ

ນອກຈາກນີ້ຊ່ວງຄືນແສງຍັງກ່ຽວຂ້ອງກັບການງອກຂອງເມັດ ແລະ ການອອກດອກຂອງພືດອີກດ້ວຍ ໂດຍພົບວ່າແສງສີແດງເຊິ່ງມີຄວາມຍາວຄືນ 660 ນາໂນແມັດ ແລະ ແສງສີແດງໄກ (far red) ເຊິ່ງມີຄວາມຍາວຄືນແສງ 730 ນາໂນແມັດ ເມື່ອເມັດໄດ້ຮັບແສງສີແດງເປັນຄັ້ງສຸດທ້າຍເປີເຊັນການງອກຂອງເມັດຈະເພີ່ມຂຶ້ນ, ແຕ່ຖ້າໄດ້ຮັບແສງສີແດງໄກເປັນຄັ້ງສຸດທ້າຍເປີເຊັນການງອກຂອງເມັດຈະຕ່ຳ ແລະ ແສງທັງສອງຊ່ວງຄືນນີ້ຍັງມີບົດບາດຕໍ່ການອອກດອກຂອງພືດອີກດ້ວຍ, ການຂັ້ນເວລາການຕິດດ້ວຍແສງສີແດງນັ້ນເປັນເວລາສັ້ນໆຈະມີຜົນເຮັດໃຫ້ພືດວັນສັ້ນບໍ່ອອກດອກ ແຕ່ຖ້າຂັ້ນດ້ວຍແສງສີແດງໄກຈະເຮັດໃຫ້ພືດວັນຍາວອອກດອກໄດ້.

2.2. ອຸນຫະພູມ (temperature)

ໂດຍທົ່ວໄປພືດແຕ່ລະຊະນິດຕ້ອງການອຸນຫະພູມໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕແຕກຕ່າງກັນ ເຊິ່ງໂດຍສະເລ່ຍພືດຈະຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນຊ່ວງອຸນຫະພູມ 25-30 ອົງສາເຊ ເນື່ອງຈາກກິດຈະກຳທາງຊີວະເຄມີເຊັ່ນ: ການຫາຍໃຈ, ການສັງເກດແສງ, ການຄາຍນ້ຳ, ການລຳລຽນນ້ຳ ແລະ ແຮ່ທາດຈະດຳເນີນໄປໄດ້ດີໃນຊ່ວງອຸນຫະພູມດັ່ງກ່າວ. ນອກຈາກນີ້ອຸນຫະພູມຍັງເປັນປັດໃຈທີ່ສຳຄັນກ່ຽວກັບການອອກດອກຂອງພືດອີກດ້ວຍ, ສະນັ້ນຈຶ່ງມີການຈຳແນກພືດຕາມຄວາມຕ້ອງການອຸນຫະພູມໃນການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການອອກດອກເປັນພືດເຂດຮ້ອນ, ເຂດໜາວ ແລະ ອົບອຸ່ນ. ນອກຈາກນີ້ອຸນຫະພູມຍັງມີຜົນຕໍ່ການສຸກ, ການແກ່ຂອງໝາກໄທ້ອິດດ້ວຍເຊັ່ນ: ໃນໝາກກ້ຽງການສຸກແກ່ ແລະ ການປ່ຽນສີຂອງໝາກກ້ຽງໃນເຂດອົບອຸ່ນຈະເກີດຂຶ້ນຊ້ຳກວ່າໝາກກ້ຽງທີ່ປູກໃນເຂດອາກາດຮ້ອນ ແລະ ເຮັດໃຫ້ມີການສ້າງເມັດສີ ແລະ ປະລິມານຂອງອາຊິດຊີຕຼິກ (citric acid) ໄດ້ສູງກວ່າອີກດ້ວຍ.

2.3. ຄວາມຊຸ່ມ

ຄວາມຊຸ່ມທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດມີທັງຄວາມຊຸ່ມໃນດິນ ແລະ ຄວາມຊຸ່ມນອກາດ ເຊິ່ງຈັດເປັນຕີຄວາມຄຸມການຄາຍນ້ຳຂອງພືດ

2.3.1. ຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດ, ຖ້າຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດມີໜ້ອຍພືດຈະຄາຍນ້ຳຫຼາຍ ແລະ ຖ້າພືດຄາຍນ້ຳຫຼາຍແຕ່ມີອັດຕາການດູດນ້ຳໜ້ອຍຈະເຮັດໃຫ້ພືດຊະກຳການຈະເລີນເຕີບໂຕ, ໃບຈະຫ່ຽວ ແຫ້ງຕໍ່ມາຈະຮ່ວງ ແລະ ຕົ້ນອາດຕາຍໄດ້, ໃນພືດໃຫ້ໝາກບາງຊະນິດຕ້ອງການຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດສູງເພື່ອການຈະເລີນເຕີບໂຕເຊັ່ນ: ເງາະ, ຖົ່ວລຽນ, ຖ້າຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດຕ່ຳຈະເຮັດໃຫ້ໃບໄຫ້ ແລະ ຮ່ວງຫຼົ້ນ. ນອກຈາກນີ້ຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດຍັງເປັນສິ່ງຈຳເປັນຫຼາຍໃນຊ່ວງໄລຍະເວລາດອກບານ ຫຼື ຊ່ວງປະສົມເກ ສອນຂອງໝາກໄມ້ ຖ້າຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດຕ່ຳຈະເຮັດໃຫ້ຍອດເກສອນເພດແມ່ແຫ້ງໄວ: ຊ່ວງໄລຍະເວລາການປະສົມພັນສັ້ນ ແລະ ຖ້າຄວາມຊຸ່ມໃນອາກາດສູງເກີດໄປກໍຈະເຮັດໃຫ້ການແຕກຂອງກັບເກສອນເພດຜູ້ແຕກຍາກ ແລະ ຊ້າລົງເຮັດໃຫ້ເສຍໂອກາດທີ່ຈະປະສົມພັນ.

2.3.2. ຄວາມຊຸ່ມໃນດິນ, ມີສ່ວນສຳຄັນໃນການອອກດອກຂອງພືດ ໂດຍໃນພຶກພວກໃຫ້ໝາກເຂດຮ້ອນການຂາດນ້ຳ ຫຼື ການງົດການໃຫ້ນ້ຳໃນຊ່ວງໄລຍະເວລາໃດໜຶ່ງຈະຊັກນ້ຳໃຫ້ເກີດການສ້າງດອກໄດ້ເຊັ່ນ: ໝາກມ່ວງ, ເງາະ, ຖົ່ວລຽນ ເປັນຕົ້ນ.

2.4. **ລົມ,** ໂດຍທົ່ວໄປກະແສລົມອ່ອນໆ ເປັນສິ່ງທີ່ດີເພາະຈະຊ່ວຍຖ່າຍລະອອກເກສອນ ແລະ ຍັງຊ່ວຍໃນການປະສົມເກສອນ, ແຕ່ຖ້າລົມແຮງຈະເຮັດໃຫ້ເປັນອັນຕະລາຍຕໍ່ດອກ ແລະ ໝາກເຊັ່ນ: ຕົ້ນລື້ມ, ຍອກເກສອນເພດແມ່ແຫ້ງ, ເປັນສິ່ງກົດຂວາງການບິນຂອງແມງໄມ້ທີ່ຊ່ວຍໃນການປະສົມເກສອນ, ເຮັດໃຫ້ດອກ ແລະ ໝາກຮາວງຫຼົ່ມ, ນອກນັ້ນຍັງພົບວ່າໃນໝາກກ້ຽງບາງຊະນິດຊ່ວງທີ່ຕິດໝາກຫາກມີລົມແຮງພັດຜ່ານຈະເຮັດໃຫ້ໝາກຮ່ວງຫຼົ່ມເຖິງ 60%

2.5. **ຄວາມສູງຈາກລະດັບນ້ຳທະເລ,** ຄວາມສູງຈາກລະດັບນ້ຳທະເລທີ່ແຕກຕ່າງກັນມີຜົນເຮັດໃຫ້ພືດມີການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການອອກດອກທີ່ແຕກຕ່າງກັນ, ພືດບາງຊະນິດມີການຕິດດອກ ແລະ ການຈະເລີນຂອງໝາກໃນບ່ອນທີ່ສູງກວ່າລະດັບນ້ຳທະເລຫຼາຍໆ ແຕ່ເມື່ອນຳມາປູກໃນລະດັບທີ່ສູງກວ່າລະດັບນ້ຳທະເລໜ້ອຍຈະມີການຕິດໝາກໜ້ອຍ ຫຼື ບໍ່ຕິດເລີຍເຊັ່ນ: ທໍ່ ຕິດຜົນໄດ້ດີເມື່ອປູກໃນທີ່ສູງກວ່າລະດັບນ້ຳທະເລ 800 ແມັດຂຶ້ນໄປ ແຕ່ເມື່ອນຳມາປູກໃນລະດັບຕໍ່າກວ່າ 500 ແມັດຈະພົບວ່າປະລິມານດອກທີ່ອອກຈະໜ້ອຍ ແລະ ມີເປົ້າເຊັນຕິດໝາກຕໍ່າ, ນອກຈາກນັ້ນຄວາມສູງຈາກລະດັບນ້ຳທະເລຍັງມີຜົນຕໍ່ຄຸນນະພາບຂອງໝົດອີກດ້ວຍ.

2.6. **ດິນ,** ຈັດເປັນແຫຼ່ງທາດອາຫານຂອງພືດ, ຄຸນສົມບັດຂອງດິນທີ່ສຳຄັນໃນການປູກພືດ ແລະ ການຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ແກ່ເນື້ອດິນ ແລະ ໂຄງສ້າງຂອງດິນ

2.6.1. ເນື້ອດິນ (soil texture) ໝາຍເຖິງຄວາມຫຍາບ ຫຼື ຄວາມລະອຽດຂອງດິນ ເຊິ່ງແບ່ງກຸ່ມຢ່າງກວ້າງເປັນ 3 ກຸ່ມໄດ້ແກ່ດິນຊາຍມີອະນຸພາກຂະໜາດໃຫຍ່, ດິນໜຽວມີອະນຸພາກຂະໜາດລະອຽດ ແລະ ດິນຮ່ວນ (ດິນຜຸຜຸຍ) ເປັນດິນທີ່ມີອະນຸພາກຂະໜາດກາງຈົ່ງອີ່ມນ້ຳ ແລະ ທາດອາຫານໄວ້ໄດ້ຫຼາຍກວ່າ ໂດຍທົ່ວໄປດິນຜຸຜຸຍຈົ່ງເໝາະສົມໃນການປູກພືດ

2.6.2. ໂຄງສ້າງຂອງດິນ (soil structure) ເປັນການຈັດເຊື່ອມອະນຸພາກຂອງດິນ, ໂຄງສ້າງຂອງດິນທີ່ດີທີ່ເໝາະສົມໃນການປູກພືດ ອະນຸພາກຂອງດິນຈະເກາະກັນເປັນເມັດຂ້ອນຂ້າງກົມ ແລະ ໂປ່ງ ເຮັດໃຫ້ການລະບາຍນ້ຳ ແລະ ອາກາດໄດ້ດີ ຮາກພືດຈົ່ງສາມາດແຊກຊ້ອນໄປໄດ້ງ່າຍ ແລະ ໃນການປູກພືດທົ່ວໄປພືດຈະຈະເລີນເຕີບໂຕໄດ້ດີໃນບ່ອນທີ່ເປັນດິນຜຸຜຸຍ.

2.7. **ທາດອາຫານ,** ເປັນສິ່ງຈຳເປັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ເຖິງແມ່ນວ່າພືດສາມາດສັງເກດອາຫານເອງໄດ້ກໍ່ຕາມ ແຕ່ໃນຂະບວນການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການພັດທະນາຂອງພືດກໍ່ຍັງຕ້ອງການທາດອາຫານອີກຫຼາຍຢ່າງ ແລະ ພືດຕ້ອງການທາດອາຫານທີ່ແຕກຕ່າງຊະນິດ ແລະ ປະລິມານຫຼາຍໜ້ອຍແຕກຕ່າງກັນ ຈົ່ງແບ່ງກຸ່ມແຮ່ທາດອອກເປັນ 2 ກຸ່ມຄື:

2.7.1. ທາດທີ່ພືດຕ້ອງການໃນປະລິມານຫຼາຍ (MACRO NUTRIENT) ເຊິ່ງມີທັງໝົດ 9 ທາດໄດ້ແກ່: C, H, O, N, P, Ca, S, K ແລະ Mg

2.7.2. ທາດທີ່ພືດຕ້ອງການໃນປະລິມານໜ້ອຍ (MICRO NUTRIENT) ມີທັງໝົດ 7 ທາດໄດ້ແກ່ Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu, ແລະ Mo

ທາດຕ່າງໆເຫຼົ່ານີ້ເມື່ອຢູ່ໃນດິນນັ້ນພືດສາມາດນຳໄປໃຊ້ໄດ້ດີເມື່ອຢູ່ໃນຮູບຂອງສານລະລາຍນຳໄດ້ ເຊິ່ງຂຶ້ນຢູ່ກັບຄ່ານຄວາມເປັນກົດດ່າງ (pH) ຂອງດິນ ເຊິ່ງຄ່າ pH ຂອງດິນທີ່ເໝາະສົມຈະຢູ່ລະຫວ່າງ 6,5-7,0 ເຊິ່ງເປັນລະດັບທີ່ຈະເຮັດໃຫ້ທາດອາຫານອອກມາສູ່ສານລະລາຍໃນດິນໄດ້ດີ ແລະ ຢູ່ໃນຮູບທີ່ພືດສາມາດດູດຂຶ້ນໄປໃຊ້ໄດ້. ຄ່າ pH ຂອງດິນນັ້ນອາດຈະຄວບຄຸມການລະລາຍຂອງທາດອາຫານພືດແລ້ວຍັງມີອິດທິພົນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ການເຮັດວຽກຂອງຈຸລິນຊີໃນດິນອີກດ້ວຍ.

ຕາມຕະລາງ 4.1 ທາດອາຫານທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ ແລະ ປະລິມານທີ່ພົບໃນພືດ

ຊື່ທາດ	ຮູບທີ່ພືດດູດໄປໃຊ້ປະໂຫຍດໄດ້	ນ້ຳໜັກອາຕອມ	ປະລິມານທາດອາຫານຕໍ່ນ້ຳໜັກແຫ້ງຂອງພືດ	
			ppm	%
Mo	MoO ₄ ²⁻	95.95	.01	0.00001
Cu	Cu ⁺ , Cu ²⁺	63.54	6	0.0006
Zn	Zn ²⁺	65.38	20	0.0020
Mn	Mn ²⁺	54.94	50	0.0050
B	H ₃ BO ₃	10.82	20	0.0020
Fe	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	55.85	100	0.010
Cl	Cl ⁻	35.46	100	0.010
S	SO ₄ ²⁻	32.07	1,000	0.1
P	H ₂ PO ₄ ⁻ , H ₂ PO ₄ ²⁻	30.98	2,000	0.2
Mg	Mg ²⁺	24.32	2,000	0.2
Ca	Ca ²⁺	40.08	5,000	0.5
K	K ⁺	39.10	10,000	1.0
N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	14.01	15,000	1.5
O	O ₂ , H ₂ O	16.00	450,000	45
C	CO ₂	12.01	450,000	45
H	H ₂ O	1.01	60,000	6

ສະພາບຂາດທາດອາຫານໃນພືດອາດເກີດຂຶ້ນໄດ້ເນື່ອງຈາກ

- 1) ທາດອາຫານທີ່ມີຢູ່ໃນດິນ ຫຼື ໃນວັດສະດຸປຸກມີປະລິມານໜ້ອຍບໍ່ພຽງພໍຕໍ່ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດ
- 2) ຮູບຂອງທາດອາຫານໃນດິນ ຢູ່ໃນຮູບທີ່ພືດບໍ່ສາມາດນຳໄປໃຊ້ປະໂຫຍດໄດ້ເນື່ອງຈາກຖືກຕຶງໃນດິນ ຫຼື ລວມຕົວກັບສານອື່ນໄປຢູ່ໃນຮູບທີ່ບໍ່ສາມາດລະລາຍໃນນ້ຳພືດຈຶ່ງບໍ່ສາມາດດູດໄປໃຊ້ໄດ້
- 3) ທາດອາຫານບາງຊະນິດເຊິ່ງມີປະລິມານຫຼາຍໃນດິນ ອາດເປັນຜົນເຮັດໃຫ້ການດູດຊຶມທາດຊະນິດອື່ນຫຼຸດລົງ ເມື່ອທາດອາຫານຊະນິດໃດຊະນິດໜຶ່ງມີບໍ່ພຽງພໍກັບຄວາມຕ້ອງການຂອງພືດ ໃນຂັ້ນທຸກອິດຈະມີຜົນກະທົບຕໍ່ຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມພາຍໃນຈຸລັງ ເຊິ່ງຈຳເປັນຕ້ອງອາໄສທາດຊະນິດນັ້ນໃນປະຕິກິລິຍາທາງຊີວະເຄມີຕ່າງໆໃນພືດ, ຖ້າຂາດຈະສົ່ງຜົນໃຫ້ຂະບວນການເມຕາໂບລິສຊິມຫຼຸດລົງເປັນຜົນເຮັດໃຫ້ພືດຊະກຳການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ເມື່ອເຖິງໄລຍະເວລາໜຶ່ງພືດຈະສະແດງ ຫຼື ປະກົດອາການຂາດທາດອາຫານຂຶ້ນ, ສຳລັບອາການຂາດທາດອາຫານຂອງພືດແຕ່ລະຊະນິດໃນທາດອາຫານຕ່າງຊະນິດກັນຈະມີລັກສະນະຕ່າງກັນອອກໄປ ເຊິ່ງຂຶ້ນຢູ່ກັບໜ້າທີ່ຂອງທາດອາການນັ້ນ ແລະ ຄວາມສາມາດໃນການເຄື່ອນທີ່ຂອງທາດອາຫານໃນລະບົບທີ່ລຳລຽງ ເຊິ່ງມີຜົນກະທົບເຮັດໃຫ້ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງພືດຫຼຸດລົງ, ຜົນຜະລິດຂອງພືດກໍ່ຈະຫຼຸດລົງດ້ວຍ.

ບົດທົດລອງ

ບົດທີ1

ການນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ

1. ກົດລະບຽບໃນການນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ

ໃນການນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດຕ້ອງປະຕິບັດຕາມກົດລະບຽບດັ່ງນີ້:

- ຜູ້ນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງທຸກຄົນຕ້ອງ ຮັບຮູ້ຄວາມອັນຕະລາຍຕ່າງໆທີ່ຈະເກີດຂຶ້ນ ແລະ ວິທີປ້ອງ

ກັນກ່ອນເລີ່ມຕົ້ນລົງມືປະຕິບັດການທົດລອງ.

- ຜູ້ນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງຕ້ອງຮູ້ກຳຈັດສິ່ງເສດເຫຼືອໃຫ້ເໝາະສົມ ເພື່ອບໍ່ໃຫ້ມີຜົນກະທົບກັບສະພາບແວດລ້ອມ.
- ໜັ່ນກວດກາເບິ່ງອຸປະກອນເປັນປະຈຳ.
- ມີການຈັດປະເພດ, ມີການຈັດໝວດໝູ່ ແລະ ມີການຂຶ້ນທະບຽນອຸປະກອນ.
- ການໃຊ້ເຄື່ອງມືຕ້ອງໃຫ້ເໝາະສົມກັບການປະຕິບັດຕົວຈິງ ຫລືຄວນສຶກສາໃຫ້ລະອຽດ ແລະ ບໍ່ຄວນປະຕິບັດຕາມລາພັງເພາະຈະເຮັດໃຫ້ເກີດອັນຕະລາຍໄດ້.
- ການເຄື່ອງຍ້າຍອຸປະກອນຕ້ອງລະມັດລະວັງທີ່ສຸດເພື່ອປ້ອງກັນການແຕກຂອງອຸປະກອນ
- ທຸກໆຄັ້ງທີ່ເຮັດການທົດລອງແມ່ນໃຫ້ລາຍງານສະພາບໃຫ້ຜູ້ຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງຮັບຊາບ.
- ຜູ້ໃດຕ້ອງການໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງແມ່ນໃຫ້ພົວພັນນຳຜູ້ຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງລ່ວງໜ້າກ່ອນ 2 ວັນ
- ເມື່ອເຮັດການທົດລອງສຳເລັດແລ້ວຕ້ອງອະນາໄມຫ້ອງທົດລອງ, ອຸປະກອນໃຫ້ສະອາດ ແລະ ເກັບມ້ຽນເປັນລະບຽບຕາມບ່ອນທີ່ກຳນົດໄວ້.
- ຜູ້ໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງຕ້ອງບັນທຶກໃສ່ປຶ້ມບັນທຶກທີ່ຜູ້ຮັບຜິດຊອບກະກຽມໄວ້ໃຫ້ທຸກຄັ້ງ.
- ການນຸ່ງຖືແມ່ນໃຫ້ຖືກຕາມລະບຽບຂອງການທົດລອງ.
- ຫ້າມສຸບຢາໃນຫ້ອງທົດລອງ.
- ຄະນະທີ່ເຮັດການທົດລອງຫ້າມໃຊ້ສຽງດັງເກີນຄວນ
- ຖ້າຫາກລະເມີດກົດລະບຽບຂອງການນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງແມ່ນຈະຖືກປະຕິບັດວິໄນຕາມລະບຽບຢ່າງເຂັ້ມງວດ.
- ຫ້າມນັກຮຽນເຄື່ອນຍ້າຍອຸປະກອນໃນຫ້ອງທົດລອງ
- ຫ້າມກິນອາຫານໃນຫ້ອງທົດລອງ

2. ເຕັກນິກການນຳໃຊ້ ແລະ ການບົວລະບັດອຸປະກອນໃນຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ

2.1 ເຕັກນິກການໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງ, ການບົວລະບັດອຸປະກອນ ແລະ ຫ້ອງທົດລອງ

ໃນການຮຽນວິຊາວິທະຍາສາດທຳມະຊາດພາຍຫຼັງຮຽນທົດສະດີແລ້ວ ຕ້ອງໄດ້ປະຕິບັດຕົວຈິງເພື່ອເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນເຂົ້າໃຈບົດຮຽນແຈ້ງຂຶ້ນຕື່ມອີກ

- ຕ້ອງຄິດສະເໝີວ່າ ການເຮັດການທົດລອງແມ່ນເຮັດດ້ວຍຄວາມຕັ້ງໃຈ ແລະ ລະມັດລະວັງທີ່ສຸດ.
- ກ່ອນເຮັດການທົດລອງທຸກຄັ້ງຕ້ອງອ່ານຄູ່ມືການທົດລອງຢ່າງລະອຽດ.
- ການໃຊ້ອຸປະກອນໃນຫ້ອງທົດລອງຕ້ອງຮູ້ວິທີການນຳໃຊ້ ແລະ ໃຊ້ຖືກວິທີ.
- ຜູ້ນຳພາທົດລອງຕ້ອງໃກ້ຊິດຕິດແທດ ແລະ ແນະນຳລະອຽດກ່ຽວກັບການເຮັດທົດລອງ.
- ຜູ້ຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງຕ້ອງມີລະບຽບໃນການນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງ.
- ເມື່ອປະຕິບັດສຳເລັດແລ້ວຕ້ອງອະນາໄມອຸປະກອນ, ເກັບມ້ຽນອຸປະກອນຕາມທີ່ກຳນົດ ແລະ ອະນາໄມ

ຫ້ອງທົດລອງໃຫ້ສະອາດ.

❖ ວິປະຕິບັດໃນຫ້ອງທົດລອງທີ່ຖືກຕ້ອງ ແລະ ປອດໄພ

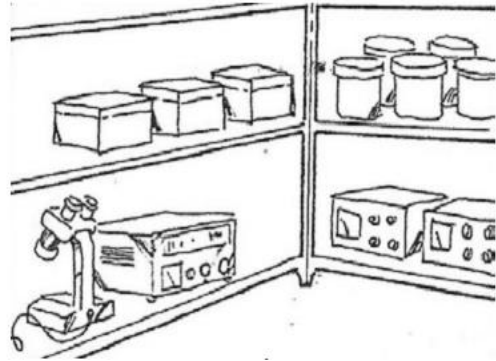


1. ບໍ່ຄວນນຳອຸປະກອນໄປຄັ້ງດຽວຫຼາຍຢ່າງ



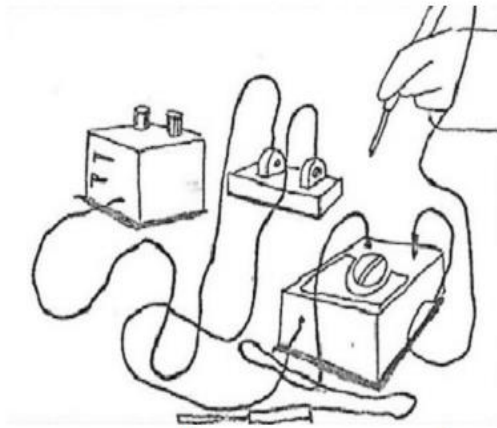
ບໍ່ຄວນເກັບມ້ຽນອຸປະກອນທີ່ມີນ້ຳໜັກຫຼາຍໄວ້ສູງ

ຄວນນຳອຸປະກອນໄປເທື່ອລະ 1 - 2 ຢ່າງ

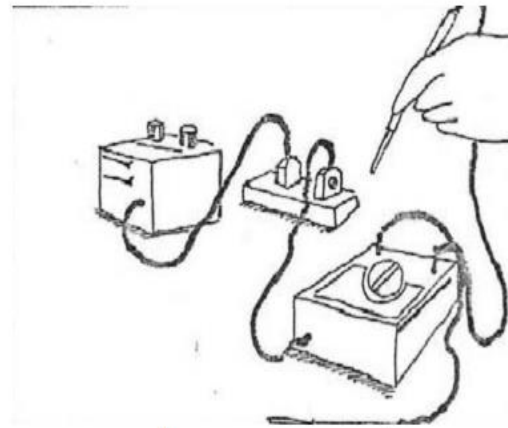


ເກັບມ້ຽນອຸປະກອນທີ່ມີນ້ຳໜັກຫຼາຍໄວ້ຕ່ຳ

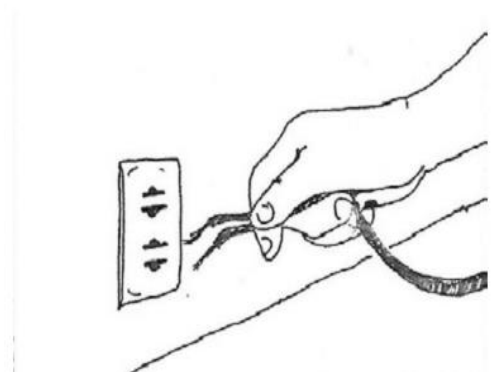
2 .



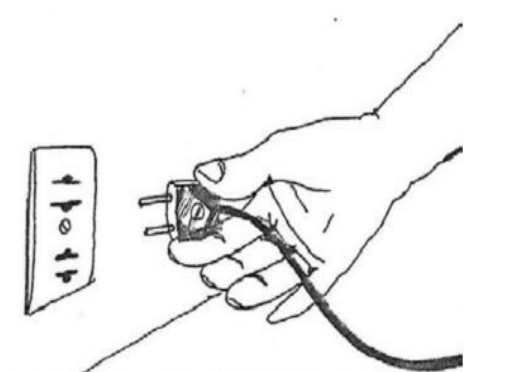
3. ບໍ່ຄວນຕໍ່ສາຍໄຟເປັນພວງກັນ ແລະ ບໍ່ເປັນລະບຽບ



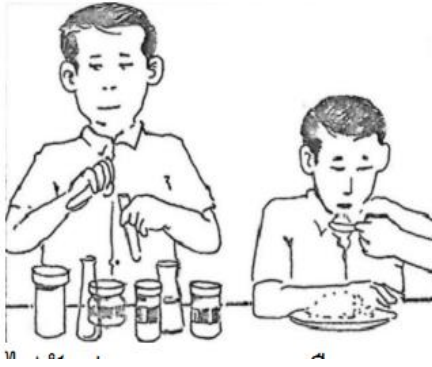
ຕໍ່ສາຍໄຟໃຫ້ເປັນລະບຽບ



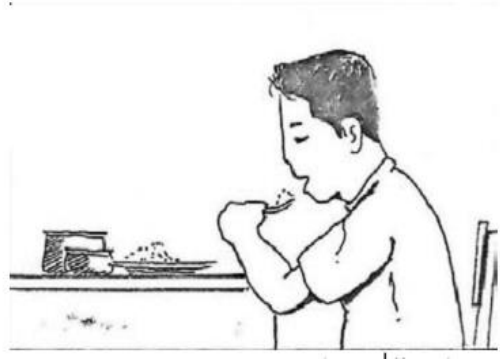
4. ບໍ່ສຽບສາຍໄຟເປືອຍກັບປັກສຽບ



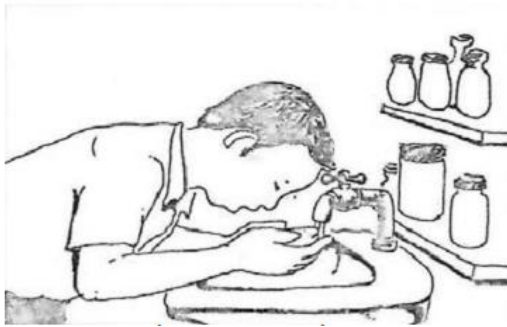
ສຽບໄຟດ້ວຍຂາປັກສຽບ



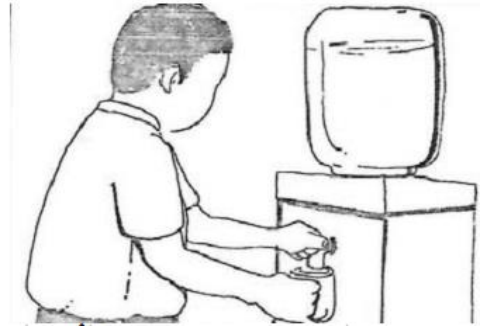
5. ບໍ່ກິນເຂົ້າໃນຫ້ອງທົດລອງ



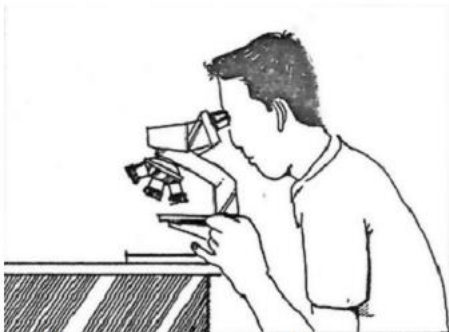
ກິນເຂົ້າຢູ່ຫ້ອງທີ່ບໍ່ແມ່ນຫ້ອງທົດລອງ



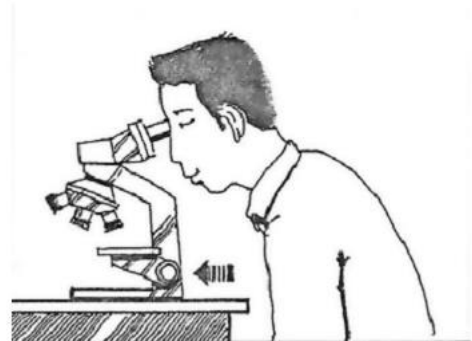
6. ບໍ່ຄວນກິນນໍ້າກັອກໃນຫ້ອງທົດລອງ



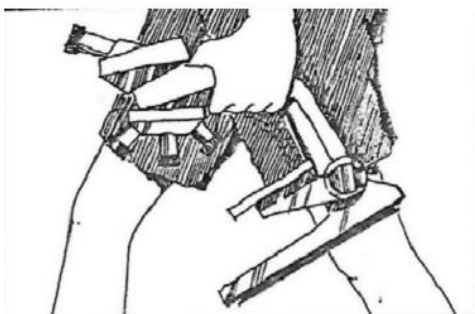
ກິນນໍ້າຈາກພາຊະນະທີ່ບໍ່ຢູ່ໃນຫ້ອງທົດລອງ



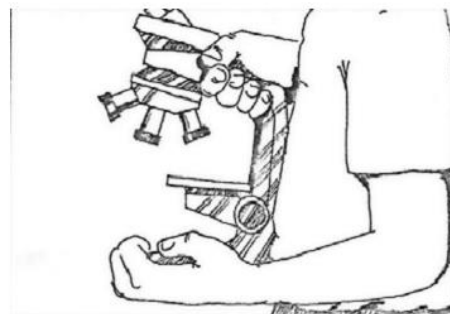
7. ບໍ່ຄວນວາງກ້ອງຢູ່ຂອບໂຕະຫຼາຍເກີນໄປ



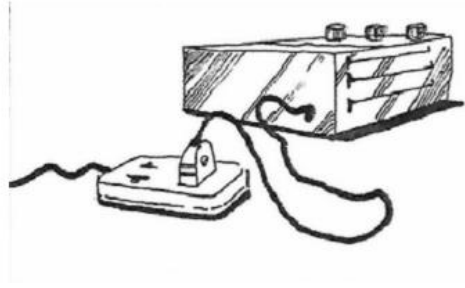
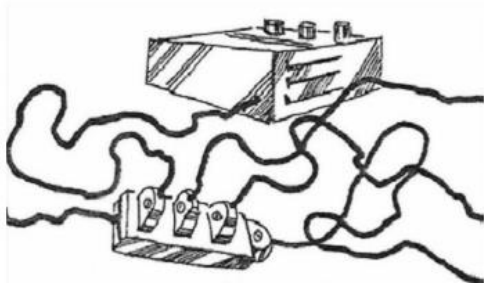
ວາງກ້ອງໄວ້ເຂົ້າໄປໃນໂຕະໃຫ້ພໍດີ



8. ບໍ່ຄວນຖືກ້ອງດ້ວຍມືຂ້າງດຽວ



ຖືກ້ອງດ້ວຍສອງມື



9. ບໍ່ຄວນສຽບປັກສຽບຫຼາຍອັນນຳກັນ

ສຽບປັກສຽບອັນໜຶ່ງ ຫຼື ສອງອັນເທົ່ານັ້ນ

3. ການບົວລະບັດຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ.

ໃນການຮຽນ - ການສອນ ວິຊາ ຊີວະສາດຕ້ອງມີຫ້ອງທົດລອງ ສະເພາະຕາມລາຍວິຊາ ຕາມຄວາມເໝາະສົມ ຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດກໍແມ່ນໜຶ່ງໃນຫ້ອງທົດລອງວິທະຍາສາດ ມັນຈະກ່ຽວຂ້ອງກັບພືດ, ສັດ, ທາດເຄມີທີ່ຈຳເປັນ ຈຳນວນໜຶ່ງ ແລະ ໃກ້ກັບສວນພຶກສາສາດຂອງໂຮງຮຽນ. ເພາະສິ່ງທີ່ເວົ້າມາຂ້າງເທິງນັ້ນມັນເປັນອົງປະກອບຂອງການ ຮຽນຮູ້ຊີວະວິທະຍາ ດັ່ງນັ້ນ, ຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດຕ້ອງເປັນຫ້ອງຊັ້ນລຸ່ມຂອງອາຄານ. ຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ ປະກອບດ້ວຍ ຫ້ອງການຄູ (ຫ້ອງເຮັດວຽກຂອງຜູ້ຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງ), ຫ້ອງເກັບມ້ຽນອຸປະກອນ, ຫ້ອງມືດ, ບໍລິເວນເຮັດການທົດລອງ, ບ່ອນຈ່າຍກະແສໄຟຟ້າ, ບ່ອນຈ່າຍນ້ຳ, ອຸປະກອນຮັບໃຊ້ການທົດລອງ ແລະ ບ່ອນເກັບມ້ຽນ ເອກະສານ. ນອກຈາກນີ້ແລ້ວ ຍັງມີຕູ້ເຢັນ, ຕູ້ຂ້າເຊື້ອ ແລະ ຕູ້ອື່ນ.

ໃນໂຮງຮຽນທີ່ມີຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດໃຫຍ່ ຕ້ອງຈັດໃຫ້ມີຫ້ອງເກັບຮັກສາວັດສະດຸ, ອຸປະກອນຫ້ອງ ທົດລອງວິທະຍາສາດ, ວັດສະດຸຊັ້ນເບື້ອງ ແລະ ທາດເຄມີອື່ນໆ. ໃຫ້ມີຈຳນວນສຳຮອງເອົາໄວ້. ການຈັດໃຫ້ມີຫ້ອງ ເກັບຮັກສາເຄື່ອງມື, ວັດສະດຸອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງທົດລອງຢູ່ໃນຫ້ອງທົດລອງ ຕ້ອງຢູ່ພາຍໃຕ້ຄວາມ ຮັບຜິດຊອບ ແລະ ດູແລຮັກສາຂອງຄະນະຮັບຜິດຊອບ ແລະ ຜູ້ຊົມໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງໂດຍກົງ ຕໍ່ຄວາມເປັນລະບຽບ , ຄວາມຈົບງາມ ແລະ ຄວາມປອດໄພຂອງຫ້ອງທົດລອງ.

ຄະນະຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງຕ້ອງເຮັດບັນຊີລະອຽດກ່ຽວກັບເຄື່ອງມື, ອຸປະກອນທັງໝົດທີ່ຕົນຄວບ ຄຸມເປັນ 3 ບັນຊີ ເຊິ່ງບັນຊີ 1 ຢູ່ນຳຫ້ອງການວິຊາການ, ບັນຊີທີ 2 ຢູ່ນຳຫ້ອງການສາຍ ແລະ ບັນຊີສຸດທ້າຍແມ່ນຢູ່ ນຳຄະນະຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງ. ນອກຈາກນີ້ຍັງຕ້ອງມີບັນຊີລະອຽດກ່ຽວກັບການເກັບມ້ຽນ ແລະ ການຍືມ, ສິ່ງເພື່ອສະດວກໃນການນຳໃຊ້ຫ້ອງທົດລອງ ຫຼື ການຍືມເຄື່ອງມື. ອຸປະກອນຕ້ອງໄດ້ຮັບການອະນຸຍາດຈາກ ຜູ້ອຳນວຍການເສຍກ່ອນຈຶ່ງສາມາດເຮັດການຍືມໄດ້ ແລະ ພໍເມື່ອຕົກມາທ້າຍພາກຮຽນຜູ້ຮັບຜິດຊອບຕ້ອງກວດ ສະພາບເຄື່ອງມື ແລະ ອຸປະກອນ ພ້ອມນັ້ນກໍພາກັນສ້ອມແປງສິ່ງທີ່ເປ່ເພ ແລະ ທວງເຄື່ອງທີ່ຖືກຍືມຄືນກັບມາໄວ້ ແລະ ເກັບມ້ຽນມັດເພື່ອໃຊ້ວຽກງານໃນສົກໜ້າ ສຳຄັນຕ້ອງຂຽນບົດລາຍງານຕໍ່ຂັ້ນເທິງ ເມື່ອກວດກາທັງໝົດແລ້ວ.

2.2 ການເກັບມ້ຽນອຸປະກອນ

ອຸປະກອນຊີວະວິທະຍາບາງຢ່າງມີຄວາມບາງການເກັບຮັກສາຕ້ອງໃສ່ໄວ້ໃນຕູ້ໃຊ້ທາດດູດຄວາມຊຸ່ມເພື່ອປ້ອງ ກັນເຊື້ອຣາ, ອຸປະກອນບາງຢ່າງອາດເກັບມ້ຽນໄວ້ໃນຕູ້ໄວ້ທຳມະດາກໍໄດ້, ບາງຢ່າງຕ້ອງໃສ່ຢາປ້ອງກັນແມງໄມ້ທຳລາຍ. ດັ່ງນັ້ນ, ການເກັບມ້ຽນອຸປະກອນໃນຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດເຮົາຄວນປະຕິບັດດັ່ງນີ້:

- ກ້ອງຈຸລະທັດ: ຄວນເກັບໄວ້ໃນແກັດໄມ້ ຫຼື ຕູ້ສຳລັບເກັບມ້ຽນກ້ອງຈຸລະທັດທີ່ມີກະແຈ ເພື່ອສະດວກໃນການເຄື່ອນຍ້າຍ, ມີໝາຍເລກລຳດັບໃສ່ກ້ອງ, ມີໝາຍເລກລຳດັບໃສ່ແກັດ ແລະ ຊັ້ນວາງ ກ້ອງຈຸລະທັດ. ຕູ້ເກັບມ້ຽນກ້ອງຕ້ອງມີຖົງຊີລີເຈລ (Cile gell) ຊ່ວຍດູດຄວາມຊຸ່ມ ແລະ ປ້ອງກັນບໍ່ໃຫ້ເລນ ມີເຊື້ອຣາເກີດຂຶ້ນ.

- ແວ່ນຂະຫຍາຍ: ຄວນເກັບໃນກັບທີ່ປາສະຈາກຄວາມຊຸ່ມ ແລະ ບໍ່ຄວນໄວ້ຊ້ອນກັນ ເພາະອາດຈະເຮັດໃຫ້ແຕກໄດ້.
- ແຜ່ນສະໄລ (ແຜ່ນແກ້ວ) ແລະ ແຜ່ນລາແມນ(ແຜ່ນປົກສະໄລ) ຕ້ອງເກັບໄວ້ຄົນລະກັບ(ກັບໃຜກັບມັນ) ເພື່ອສະດວກໃນການໃຊ້.
- ສະໄລຖາວອນ: ຕ້ອງເກັບມ້ຽນໄວ້ໃນກັບໄມ້ ຫຼື ກັບພລາສຕິກ ທີ່ມີຊ່ອງວ່າງແຜ່ນສະໄລໂດຍຈັດໃຫ້ເປັນໝວດໝູ່.
- ແຜ່ນຊີດີ: ເກັບໄວ້ໃນກັບຂອງໃຜມັນ, ໝາຍເລກລຳດັບ ແລະ ຈັດວາງເປັນໝວດໝູ່ຕາມເນື້ອເລື່ອງ ເພື່ອສະດວກໃນການໃຊ້.
- ຮູບພາບ ແລະ ແຜ່ນພູມ: ຄວນເກັບມ້ຽນໄວ້ໃນບັ້ງ ຫຼື ໂຕະມີລິ້ນຊັກ, ໝາຍເລກໃສ່ ແລະ ຈັດເປັນໝວດໝູ່.
- ຫຸ່ນຈຳລອງ: ເກັບໄວ້ໃນຕູ້ແກ້ວ ເພື່ອໃຫ້ສົງເກດເຫັນ.
- ອຸປະກອນທີ່ເປັນຊຸດທົດລອງເຊັ່ນ: ຊຸດຜ່າຕັດ, ຊຸດເຄື່ອງວັດແທກຕ່າງໆ ຄວນເກັບໄວ້ໃນຕູ້.
- ການເກັບຕົວຢ່າງສິ່ງມີຊີວິດເຊັ່ນ: ດອງສັດ ຄວນເກັບໄວ້ໃນກວດແກ້ວທີ່ມີຝາປິດແຈບດີ ແລະ ໝັ້ນກວດເບິ່ງໃຫ້ນ້ຳຢາຖ້ວມຢູ່ສະເໝີ; ອົບແຫ້ງພິດ, ສັດ ຄວນເກັບໄວ້ໃນຕູ້ແກ້ວ ເພື່ອກັນຝຸ່ນ ແລະ ວາງສະແດງໄດ້, ສ່ວນພິດຄວນຕິດ ຫຼື ຫຍິບໃສ່ເຈ້ຍທີ່ແຂງ; ເຄື່ອງທີ່ສິດ ຄວນເກັບມ້ຽນໄວ້ໃນຕູ້ເຢັນ, ເກັບໄວ້ໃນອ່າງທີ່ເຮົາເພາະລ້ຽງ ແຕ່ຫມັ້ນອະນາໄມໃຫ້ສະອາດສະເໝີ.

2.3 ການຂຶ້ນບັນຊີອຸປະກອນຊີວະວິທະຍາ.

ອຸປະກອນໃນຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດແມ່ນມີຫຼາຍປະເພດ ເພື່ອສະດວກໃນການນຳໃຊ້ ແລະ ເພື່ອຄວາມເປັນລະບຽບຂອງອຸປະກອນ ຜູ້ຮັບຜິດຊອບຫ້ອງທົດລອງຄວນຂຶ້ນບັນຊີອຸປະກອນຫ້ອງທົດລອງດັ່ງນີ້:

- ເຮັດບັນຊີອຸປະກອນທີ່ມີອາຍຸການໃຊ້ງານຍາວນານ ຂຶ້ນເປັນບັນຊີໜຶ່ງ

ລ.ດ	ລາຍການອຸປະກອນ	ລະຫັດ	ແຫຼ່ງທີ່ມາ	ວ.ດ.ປ ໄດ້ຮັບ	ຈ/ນ	ລາຄາ/ໜ່ວຍ	ລວມເງິນ	ສະພາບການໃຊ້ງານ		ໝາຍເຫດ
								ໄດ້	ບໍ່ໄດ້	
1	LCD	BIO 1.001	ກົມສ້າງຄູ	25.11.2013	1	4000000		1		
2	ຊິງຊັງ	BIO 1.002	ຮຮ	1.11.2013	2	300000		1		

- ເຮັດບັນຊີອຸປະກອນທີ່ມີອາຍຸການໃຊ້ງານສັ້ນ(ສິ້ນເປືອງ) ຂຶ້ນເປັນບັນຊີໜຶ່ງ

ລ.ດ	ລາຍການອຸປະກອນ	ລະຫັດ	ແຫຼ່ງທີ່ມາ	ວ.ດ.ປ ໄດ້ຮັບ	ຈ/ນ	ລາຄາ/ໜ່ວຍ	ລວມເງິນ	ສະພາບການໃຊ້ງານ		ໝາຍເຫດ
								ໄດ້	ບໍ່ໄດ້	
1	ປົກເກີ	BIO 2.001	ກົມສ້າງຄູ	25.11.2013	10	70000		1		

2	ຫຼອດທົດລອງ	BIO2.002	ຮຮ	1.11.2013	10	50000		1		
---	------------	----------	----	-----------	----	-------	--	---	--	--

- ທາດເຄມີ

ລ.ດ	ຊື່ທາດເຄມີ	ລະຫັດ	ແຫຼ່ງທີ່ມາ	ສະຖານະ		ວ.ດ.ປ ໄດ້ຮັບ	ຂະໜາດ	ຈ/ນ	ລາຄາ / ໜ່ວຍ	ລວມເງິນ	ສະພາບການໃຊ້ງານ		ໝາຍເຫດ
				ແຂງ	ແຫຼວ						ໄດ້	ບໍ່ໄດ້	
1	ອາຊິດ	BIO 3.001	ກົມສ້າງຄູ		1	25.11.2013		10	70000		1		
2	ບາເຊີ	BIO3.002	ກົມສ້າງຄູ	1		25.11.2013		10	50000		1		

- ບັນຊີຕົວຢ່າງພືດ ແລະ ສັດ

ລ.ດ	ຊື່ພືດ, ສັດ	ລະຫັດ	ແຫຼ່ງທີ່ມາ	ວ.ດ.ປ ໄດ້ຮັບ	ຈ/ນ	ອານາຈັກ					ສະພາບການໃຊ້ງານ		ໝາຍເຫດ
						ໂມເນຣາ	ໂປຕິດສຕາ	ເກັດ	ພືດ	ສັດ	ໄດ້	ບໍ່ໄດ້	
1	ແມ່ທ້ອງແປ	BIO 4.001	ນ/ສ	5.12.2013	10					1	1		
2	ຕົ້ນຍາງ	BIO4.002	ນ/ສ	5.12.2013	10				1		1		

- ບັນຊີກ້ອງຈຸລະທັດ

ລດ	ລາຍການ	ລະຫັດ	ແຫຼ່ງທີ່ມາ	ວ. ດ. ປ ໄດ້ຮັບ	ຈ/ນ	ລາຄາ/ ໜ່ວຍ	ລວມ ເງິນ	ກຳລັງຂະຫຍາຍ				ສະພາບການໃຊ້ງານ		ໝາຍເຫດ
								ເລນຕາ		ເລນວັດຖຸ		ໄດ້	ບໍ່ໄດ້	
								ຈ/ນ	ຂະໜາດ	ຈ/ນ	ຂະໜາດ			
1	ກ້ອງຈຸລະທັດ	BIO 5.001	ກົມສ້າງຄູ	25.11.13	2	7.000.000		2	4x10x15x	3	4x10x15x	1		
2	ກ້ອງຈຸລະທັດ	BIO 5.002	ກົມສ້າງຄູ	25.11.13	2	5.000.000		1	4x10x	3	4x10x	1		

	ລະຫັດ							15x		15x			
--	-------	--	--	--	--	--	--	-----	--	-----	--	--	--

ບົດທີ2

ວິທີການນຳໃຊ້ ແລະ ການບົວລະບັດຮັກສາກ້ອງຈຸລະທັດ

1. ນິຍາມ

ກ້ອງຈຸລະທັດເປັນເຄື່ອງມືວິທະຍາສາດທີ່ສຳຄັນ ແລະ ຈຳເປັນໃນການສຶກສາຊີວະວິທະຍາ, ໃຊ້ ສຳລັບສຶກສາສິ່ງທີ່ມີຊີວິດຕ່າງໆທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍ ແລະ ບໍ່ສາມາດເບິ່ງເຫັນດ້ວຍຕາເປົ່າ ໃຫ້ສາມາດ ເບິ່ງເຫັນຮູບພາບທີ່ມີຂະໜາດຂະຫຍາຍ (Magnification) ແລະ ມີການບອກລາຍລະອຽດມີຄວາມ ຊັດເຈນສູງ.

2. ປະເພດຂອງກ້ອງຈຸລະທັດ

ກ້ອງຈຸລະທັດ ມີຫຼາຍຊະນິດແບ່ງອອກເປັນ 2 ປະເພດໃຫຍ່ຄື:

- ກ້ອງຈຸລະທັດໃຊ້ແສງ (Light microscope)
- ກ້ອງຈຸລະທັດເອເລັກຕຣອນ (electron microscope)

1) ກ້ອງຈຸລະທັດໃຊ້ແສງ (Light microscope)

ແບ່ງອອກເປັນ 2 ຊະນິດຄື: ແບບທາມະດາ ແລະ ແບບມີສ່ວນປະກອບ

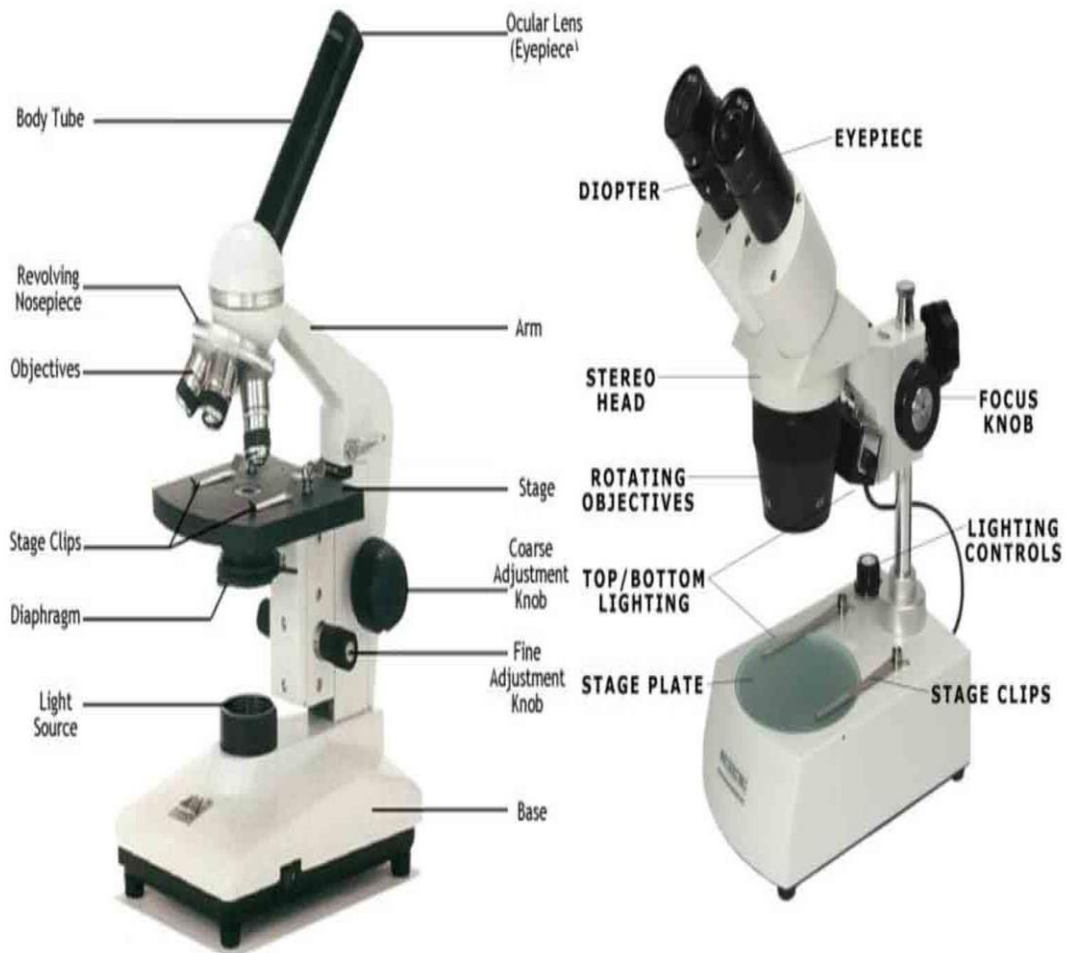
ແບບທາມະດາ (Simple Light microscope) ທຽບໄດ້ກັບແວ່ນຂະຫຍາຍມືດ້ານທີ່ເປັນເລນສວດ ແລະ ເລນຫຼຸບ.

ແບບມີສ່ວນປະກອບ (Compound Light microscope) ປະກອບດ້ວຍເລນຂະຫຍາຍ 2 ຊຸດຄື ເລນໃກ້ວັດຖຸ ແລະ ເລນໄກ້ຕາ, ກຳລັງຂະຫຍາຍສຸດທ້າຍຄື: ຜົນຄູນກຳລັງຂະຫຍາຍຂອງເລນ ໃກ້ວັດຖຸກັບກຳລັງຂະຫຍາຍຂອງເລນໄກ້ຕາ, ກຳລັງຂະຫຍາຍທີ່ສຸດຂອງກ້ອງຈຸລະທັດແບບນີ້ ຈະຂະຫຍາຍໄດ້ຄື: 2000 ເທົ່າຂອງວັດຖຸ ຄື: ໃຊ້ເລນໄກ້ຕາ(X 20) ແລະ ເລນໃກ້ວັດຖຸ (X 100).

ຖ້າເພີ່ມກຳລັງຂະຫຍາຍຫຼາຍກ່ວານີ້ຈະເຮັດໃຫ້ລາຍລະອຽດຂອງພາບບໍ່ຈະແຈ້ງ, ເຊິ່ງຂໍ້ຈຳກັດ ຢູ່ທີ່ຄວາມຍາວຄື້ນແສງ ແລະ ຄວາມສາມາດບອກລາຍລະອຽດຂອງຮູບພາບທີ່ປະກົດຢູ່ໃນກ້ອງຈຸລະທັດ (resolving power).

Parts of the Compound Light Microscope

Parts of the Stereomicroscope



ຮູບ ກ້ອງຈຸລະທັດ (Microscope)

2) ກ້ອງຈຸລະທັດເອເລັກຕຣອນ (Electron microscope).

ເປັນກ້ອງຈຸລະທັດທີ່ມີຄວາມສາມາດໃນການບອກລາຍລະອຽດໄດ້ຫຼາຍກ່ວາກ້ອງຈຸລະທັດທີ່ໃຊ້ແສງ
ປະມານ 1000 ເທົ່າ, ມີ 2 ຊະນິດຄື: ແບບ TEM ແລະ ແບບ SEM

ແບບ TEM (Transmission Electron Microscope)

ເປັນຊະນິດທີ່ມີຫຼັກການໂດຍການຍິງເອເລັກຕຣອນຜ່ານຕົວຢ່າງບາງໆ, ມີລະບົບເລນຕ່າງໆທີ່ ເປັນທີ່ແມ່
ເຫຼັກໄຟຟ້າທີ່ເຫັນເປັນສອງມິຕິ, ແຕ່ມີຄວາມສາມາດຂະຫຍາຍຮູບພາບຫຼາຍກ່ວາແສນເທົ່າ, ເຮັດໃຫ້ນັກຊີວະທະຍາ
ມີຄູ່ຄວາມເຂົ້າໃຈໃນເລື່ອງໂຄງສ້າງ ແລະ ການເຮັດວຽກຂອງໂຄງສ້າງຈຸລັງຫຼາຍຢ່າງຂຶ້ນ.

ແບບ SEM (Scanning Electron Microscope)

ແມ່ນໃຊ້ສຶກສາອົງປະກອບທີ່ນ້ອຍໆຂອງຈຸລັງ ແລະ ແພຈຸລັງ, ເຊິ່ງແຜ່ນລາມໄດ້ມີການປຸງແຕ່ງເງົາ

ໃຫ້ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນທີ່ແຕກຕ່າງກັນ SEM ມີຄວາມຊັດເຈນນ້ອຍກ່ວາ TEM ແຕ່ຈະເຫັນພາບຂອງໜ້າວັດຖຸ, ຄວາມເລິກ ແລະ ລັກສະນະຮູບຮ່າງຂອງສາມມິຕິ

3. ອົງປະກອບຂອງກ້ອງຈຸລະທັດ/ ໂຄງສ້າງໂດຍທົ່ວໄປຂອງກ້ອງຈຸລະທັດ

- ຖານກ້ອງ ຫຼື ຕີນກ້ອງ (base): ຄືສ່ວນຖານທີ່ວາງຕິດກັບໂຕະມີຫຼອດໄຟຟ້າທີ່ຕິດຢູ່ທີ່ຖານກ້ອງພ້ອມ ສະວິທ (Switch) ປິດ - ເປີດ
 - ສ່ວນແຂນ (Arm) ຄືສ່ວນທີ່ຈັບຕິດລຳກ້ອງກັບສ່ວນຖານ.
 - ລຳກ້ອງ: (objective Lens): ມີເລນໄກ້ຕາຕິດຢູ່ດ້ານເທິງສ່ວນດ້ານລຸ່ມຕິດກັບແຜ່ນໝູນ ເຊິ່ງມີເລນໄກ້ວັດຖຸຕິດຢູ່, ເລນໄກ້ວັດຖຸ (objective Lens) ຄືເລນທີ່ຕິດຢູ່ເທິງແຜ່ນໝູນ, ຕາມ ປົກກະຕິ ຈະມີສາມ ຫຼື ສີ່ເລນແຕ່ລະເລນຈະມີຕົວເລກສະແດງກຳລັງຂະຫຍາຍບອກໄວ້ເຊັ່ນ: x4, x10, x40 ແລະ x100 ເປັນຕົ້ນ.
 - ເລນໃກ້ຕາ (eye piece Lens): ອາດໜຶ່ງ ຫຼື ຫຼາຍອັນ ເຊິ່ງສາມາດປັບໃຫ້ເໝາະສົມກັບໄລຍະຫ່າງຂອງຕາຜູ້ໃຊ້.
 - ແຜ່ນໝູນ (revolving nosepiece): ຄືແຜ່ນກົມໝູນໄດ້ມີເລນວັດຖຸຕິດຢູ່ເພື່ອໝູນປ່ຽນກຳລັງຂະຫຍາຍຂອງເລນຕາມຄວາມຕ້ອງການ.
 - ວົງລັບປັບພາບ (adjustment wheel): ສຳລັບປັບໄລຍະຫ່າງລະຫວ່າງວັດຖຸກັບເລນໃກ້ວັດຖຸ, ເພື່ອປັບພາບໃຫ້ເຫັນແຈ້ງ, ໄລຍະຫ່າງທີ່ເຮັດໃຫ້ເຫັນພາບແຈ້ງເອີ້ນວ່າໄລຍະການເຮັດວຽກຂອງກ້ອງ (working distance) ຫຼື ຈຸດສຸມ (focus) ຂອງກ້ອງວົງລັບກ່າວມີສອງຊະນິດຄື: ຊະນິດປັບພາບບໍ່ ຊັດເຈນ ແລະ ຊະນິດປັບພາບລະອຽດ, ຊະນິດປັບພາບບໍ່ຊັດເຈນ (coarse adjustment wheel) ໃຊ້ປັບ ໄລຍະຫ່າງລະຫວ່າງວັດຖຸກັບເລນໃກ້ວັດຖຸຊະນິດກຳລັງຂະຫຍາຍ 10 ເທົ່າລົງມາ. ຊະນິດປັບພາບລະອຽດ (fine adjustment wheel) ໃຊ້ປັບພາບໃຫ້ແຈ້ງເພື່ອໃຊ້ເລນໃກ້ວັດຖຸ ກຳລັງຂະຫຍາຍສູງ 40 ເທົ່າ ຂຶ້ນໄປ.
 - ຖານວາງວັດຖຸ (stage): ເປັນແຜ່ນໂລຫະສີ່ຫຼ່ຽມມີຮູຢູ່ກາງເພື່ອໃຫ້ແສງຜ່ານເຂົ້າເລນວັດຖຸ, ຖານນີ້ຕິດກັບຕົວກ້ອງ ແລະ ມີກົບໜົບແຜ່ນລາມ (Stage clip), ຖານນີ້ສາມາດເລື່ອນໄປເບື້ອງຊ້າຍ - ຂວາ, ໄປທາງໜ້າ ແລະ ຫລັງໄດ້ຕາມຄວາມຕ້ອງການ.
 - ຄອນເດນເຊີ (condenser): ຄືຊຸດຂອງເກນທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ຮ່ວມແສງໃຫ້ມີຄວາມເຂັ້ມຫຼາຍທີ່ ສຸດ ເພື່ອສ້ອງວັດຖຸເທິງແຜ່ນລາມໃຫ້ແຈ້ງທີ່ສຸດມີປຸ່ມປັບສູງຕ່ຳຂອງ Condenser.
 - ໄອຣິສໄດອະແຟຣມ (Iris diaphragm): ເປັນມ່ານກັ້ງປັບຮູເປີດເພື່ອໃຫ້ແສງຜ່ານເຂົ້າ Condenser ແລະ ມີປຸ່ມສຳລັບປັບຊ່ອງ Iris diaphragm ໃຫ້ແສງຜ່ານເຂົ້າໄດ້ຫຼາຍໜ້ອຍຕາມຄວາມ ຕ້ອງການ.
 - ແຫຼ່ງໃຫ້ກຳເນີດແສງ: ເປັນຫຼອດໄຟຟ້າທີ່ໃຫ້ແສງສະຫວ່າງຕິດຢູ່ທີ່ຖານກ້ອງມີສະວິສ ປິດ ເປີດ ແລະ ມີຂອບເຂດປັບປະລິມານແສງສະຫວ່າງ.

4. ວິທີນຳໃຊ້ກ້ອງຈຸລະທັດ

- ກວດກາຄວາມສະອາດເລນກ່ອນໃຊ້ກ້ອງຈຸລະທັດທຸກຄັ້ງ.
- ເປີດສະບັບໄຟຟ້າຖານກ້ອງປັບແສງໃຫ້ເໝາະສົມປະມານເລກ 4, 5, ຫຼື 6.
- ເລື່ອນເລນໃກ້ວັດຖຸກຳລັງຂະຫຍາຍ 4 ເທົ່າໃຫ້ຖືກກັບວັດຖຸ ແລະ ໝູນວົງລັບປັບພາບບໍ່ຊັດເຈນນັ້ນໃຫ້ ຫົວເລນເຄື່ອນລົງຕ່ຳທີ່ສຸດ.
- ເລື່ອນຄອນເດນເຊີ Condenser ໃຫ້ສູງສຸດ.
- ປັບຊ່ອງ Iris diaphragm ໃຫ້ກ້ວາງທີ່ສຸດແລ້ວປັບໃຫ້ແຄບລົງເລັກໜ້ອຍຄືລົດປະລິມານແສງ

- ປັບເລນໃກ້ຕາໃຫ້ເໝາະສົມກັບໄລຍະຫ່າງລະຫວ່າງໜ່ວຍຕາຂອງຜູ້ໃຊ້ໂດຍ ເລື່ອນຈານ ເລນໃຫ້ ເໝາະສົມກັບຖານຫ່າງຂອງເລນທັງສອງຂ້າງເຂົ້າໃກ້ໄລຍະເໝາະສົມ.

- ວາງແຜ່ນລາມເທິງແຜ່ນວາງວັດຖຸ ໂດຍໃຫ້ກົບເກາະສະໄລແລ້ວເລື່ອນສະໄລໃຫ້ວັດຖຸຢູ່ເຄິ່ງ ກາງທີ່ມີແສງຜ່ານຂຶ້ນມາຈາກ Condenser.

- ປັບໄລຍະກ້ອງຈຸລະທັດຈົນໃຫ້ພາບແຈ້ງປັບພາບໂດຍເລື່ອນແຜ່ນລາມໄປທາງຊ້າຍ - ທາງ ຂວາ, ໜ້າ ແລະ ຫຼັງຢ່າງຊ້າໆ, ສັງເກດການເລື່ອນຂອງພາບໃນກ້ອງຈຸລະທັດເມື່ອເລື່ອນແຜ່ນລາມ.

- ຖ້າຕ້ອງການພາບໃຫ້ມີຂະໜາດໃຫຍ່ຂຶ້ນພະຍາຍາມເລື່ອນພາບທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ຢູ່ເຄິ່ງກາງ ແລະ ຢູ່ກາງຂອງວົງພາບໃນກ້ອງແລ້ວປ່ຽນກຳລັງຂະຫຍາຍຂອງເລນໃກ້ວັດຖຸຂຶ້ນຕາມລຳດັບ x10, x20, x40 ເມື່ອເຫັນພາບທີ່ຕ້ອງການແລ້ວປັບກ້ອງເພື່ອໃຫ້ເຫັນແຈ້ງຂຶ້ນໂດຍໝູນສະເພາະວົງລໍ້ປັບພາບລະ ອຽດ ພຽງເລັກໜ້ອຍກໍ່ຈະໄດ້ພາບທີ່ຈະແຈ້ງ, ຫາກແສງສະຫວ່າງບໍ່ພຽງພໍ, ອາດເພີ່ມແສງສະຫວ່າງໄດ້, ໂດຍເປີດ Iris diaphragm ໃຫ້ກ້ວາງຂຶ້ນ.

- ເມື່ອສຶກສາສຳເລັດແລ້ວກ່ອນເອົາແຜ່ນລາມອອກຕ້ອງປ່ຽນເລນໃກ້ວັດຖຸ ໃຫ້ຢູ່ໃນກຳລັງຂະຫຍາຍຕໍ່າສຸດກ່ອນ, ປ່ຽນຂອບເຂດປະລິມານແສງສະຫວ່າງເປັນເລກ 0 ແລ້ວປ່ຽນສະວິທ ໄຟ, ແລ້ວກວດເບິ່ງຄວາມສະອາດຂອງກ້ອງຈຸລະທັດກ່ອນເກັບມ້ຽນ ຫຼື ປົກດ້ວຍຖົງຢ່າງເໝາະ ກັນຂີ້ຝຸນ.

❖ ຂໍ້ຄວນລະວັງໃນການໃຊ້ກ້ອງຈຸລະທັດ

- ເວລາເຄື່ອນຍ້າຍກ້ອງຈຸລະທັດຈະຕ້ອງໃຫ້ຢູ່ໃນລັກສະນະຕັ້ງຊື່, ໂດຍໃຊ້ມືຂ້າງໜຶ່ງຈັບແຂນ
- ກ້ອງ (Arm) ແລະ ມືເບື້ອງໜຶ່ງໂຈມຖານກ້ອງ.
- ການວາງແຜ່ນລາມຕ້ອງໃຫ້ດ້ານທີ່ມີແຜ່ນແກ້ວປິດຢູ່ດ້ານເທິງສະເໝີ.
- ລະວັງບໍ່ໃຫ້ມີນ້ຳເບື້ອນເທິງຖານວາງວັດຖຸ ຫຼື ເລນຖ້າມີຕ້ອງເຊັດໃຫ້ແຫ້ງທັນທີ.
- ຖ້າເລນເບື້ອນທຳຄວາມສະອາດດ້ວຍເຈ້ຍເຊັດເລນ ແລະ ນ້ຳຢາເຊັດເລນເທົ່ານັ້ນ.

❖ ການປຽບທຽບ ຫຼື ປະລິມານຂອງວັດຖຸ

- ເລື່ອນອຸປະກອນເທິງຖານວາງວັດຖຸໃຫ້ຢູ່ດ້ານໃນສຸດ

- ໃຊ້ບັນທັດຢ່າງໃສຂະໜາດນ້ອຍເປັນວັດຖຸປັບຈຸດສຸມ (focus) ໃຫ້ເຫັນຂະໜາດຊັງຕີແມັດວັດແທກຄວາມຍາວເສັ້ນຜ່າສູນກາງຂອງວົງແຈ້ງໃນກ້ອງຈຸລະທັດ (ຮູບທີ 1,4) ປຽບທຽບຂະໜາດ ທີ່ ປະກົດໃນກ້ອງຈຸລະທັດເມື່ອໃຊ້ເລນໃກ້ວັດຖຸ(x4), (x10) ຕາມລຳດັບ.

- ນຳບັນທັດອອກ ແລະ ສຶກສາວັດຖຸອື່ນໆໂດຍເລື່ອນວັດຖຸໃຫ້ຢູ່ໃນເສັ້ນຜ່າສູນກາງຂອງວົງແຈ້ງເພື່ອປຽບທຽບຮູບຮ່າງກັບເສັ້ນຜ່າສູນກາງຂອງວົງແສງ ຈາກນັ້ນກໍ່ສາມາດຄຳນວນຂະໜາດວັດຖຸນັ້ນໄດ້ຈາກຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ປຽບທຽບໄວ້ແລ້ວ.

❖ ການກຽມສະໄລ

- ຢອດນ້ຳໃສ່ແຜ່ນລາມ 1 ຢອດ ແລ້ວໃຊ້ປາຍເຂັມເຂ່ຍຕົວຢ່າງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດເຊັ່ນ: ເທົາສີຂຽວ ແກມສີຟ້າ ສິ່ງເທິງຢອດນ້ຳນັ້ນແລ້ວເອົາແຜ່ນແກ້ວນ້ອຍປົກໄວ້, ລະວັງບໍ່ໃຫ້ມີຟອງອາກາດ ແລະ ນ້ຳ ລື້ນອອກນອກ

- ການສຶກສາສິ່ງທີ່ມີຊີວິດອື່ນໆອາດສຶກສາຈາກນ້ຳບວກ, ນຳໜອງໂດຍໃຊ້ຫຼອດດູດແລ້ວ ຢອດລົງເທິງແຜ່ນລາມ 1 ຢອດ ຫຼື ຖ້າສຶກສາແພຈຸລັງຜັກບົວ, ຕ້ອງລອກແພບາງໆ ວາງເທິງຢອດ ນ້ຳສະອາດເທິງແຜ່ນລາມຢ່າງວ່ອງໄວ, ສຶກສາແພຈຸລັງຜັງແກ້ມຂອງຄົນ ໂດຍໃຊ້ໄມ້ຈີ້ມແຂ້ວຂຸດແພຈຸລັງເບົາໆຂຸດເອົາແພບາງໆແລ້ວເຂ່ຍໃສ່ສະໄລທີ່ມີຢອດນ້ຳໃຫ້ຈຸລັງກະຈາຍກ່ອນປິດທັບດ້ວຍແຜ່ນ ແກ້ວປິດສະໄລດ້ວຍແຜ່ນແກ້ວ.

5. ການປົກປັກຮັກສາກ້ອງຈຸລະທັດ

ຄວນອະນາໄມກ້ອງໃຫ້ສະອາດຢູ່ສະເໝີ ແລະ ເມື່ອບໍ່ໄດ້ໃຊ້ກ້ອງຄວນໃຊ້ຖົງຢາງປົກ ກ້ອງ ໄວ້ສະເໝີ ເພື່ອປ້ອງກັນ ຝຸ່ນລະອອງ ແລະ ສິ່ງເປິເປື້ອນເຂົ້າໄປສຳຜັດເລນກ້ອງ

- ໃນການອະນາໄມ ຫຼື ການປະກອບກ້ອງຄວນເຮັດຢ່າງລະມັດລະວັງຢ່າໃຫ້ຊິ້ນສ່ວນຖືກ ກະທົບ ຫຼື ເຮັດຕົກ ຖ້າມີການກະທົບກະເທືອນແລ້ວຈະເຮັດໃຫ້ເຫັນບໍ່ຊັດເຈນ

- ຫ້າມໃຊ້ມືສຳຜັດກັບເລນ ແລະ ຫຼີກລຽງການນຳເລນອອກມາຈາກຕົວກ້ອງ

- ໃນກໍລະນີຖອດເລນອອກຈາກຕົວກ້ອງຄວນໃຊ້ຝາປິດທຸກຄັ້ງເພື່ອປ້ອງກັນຝຸ່ນລະອອງ ເຂົ້າຖືກ ເລນ

- ສຳລັບເລນໃກ້ວັດຖຸ 100x ທີ່ໃຊ້ກັບ Oil immersion (ນ້ຳຢາຊ່ວຍຂະຫຍາຍເລນ) ຫຼັງຈາກ ໃຊ້ແລ້ວຄວນທຳຄວາມສະອາດທຸກຄັ້ງ ໂດຍການເຊັດດ້ວຍເຈ້ຍເຊັດເລນ Cotton bud ຫຼື ຜ້າຂາວບາງ ທີ່ ສະອາດ ແລະ ນຸ້ມ ຈຸບນ້ຳຢາໄຊລິນ ຫຼື ເຫຼົ້າ ຕາມມາດສ່ວນ 40 / 60

- ຄວນປັບປຸ່ມໝຸນໃຫ້ພໍດີ ເພື່ອການໃຊ້ງານໃຫ້ສະດວກຂຶ້ນ.

- ຖ້າຕ້ອງການແສງສະຫວ່າງຫຼາຍຄວນຄ່ອຍໆເລັ່ງໄຟຂຶ້ນເທື່ອລະໜ້ອຍ.

- ພາຍຫຼັງໃຊ້ງານແລ້ວຕ້ອງປິດໄຟທຸກຄັ້ງ

- ການສຽບປັກສຽບຂອງກ້ອງຈຸລະທັດບໍ່ຄວນສຽບເຄື່ອນໃຊ້ໄຟຟ້າອື່ນເພາະຈະເຮັດໃຫ້ຫຼອດໄຟ ຂາດງ່າຍ

- ຖ້າບໍ່ແນ່ໃຈໃນການອະນາໄມຕ້ອງອະນາໄມຄືນອີກ

ຄຳຖາມທ້າຍບົດ

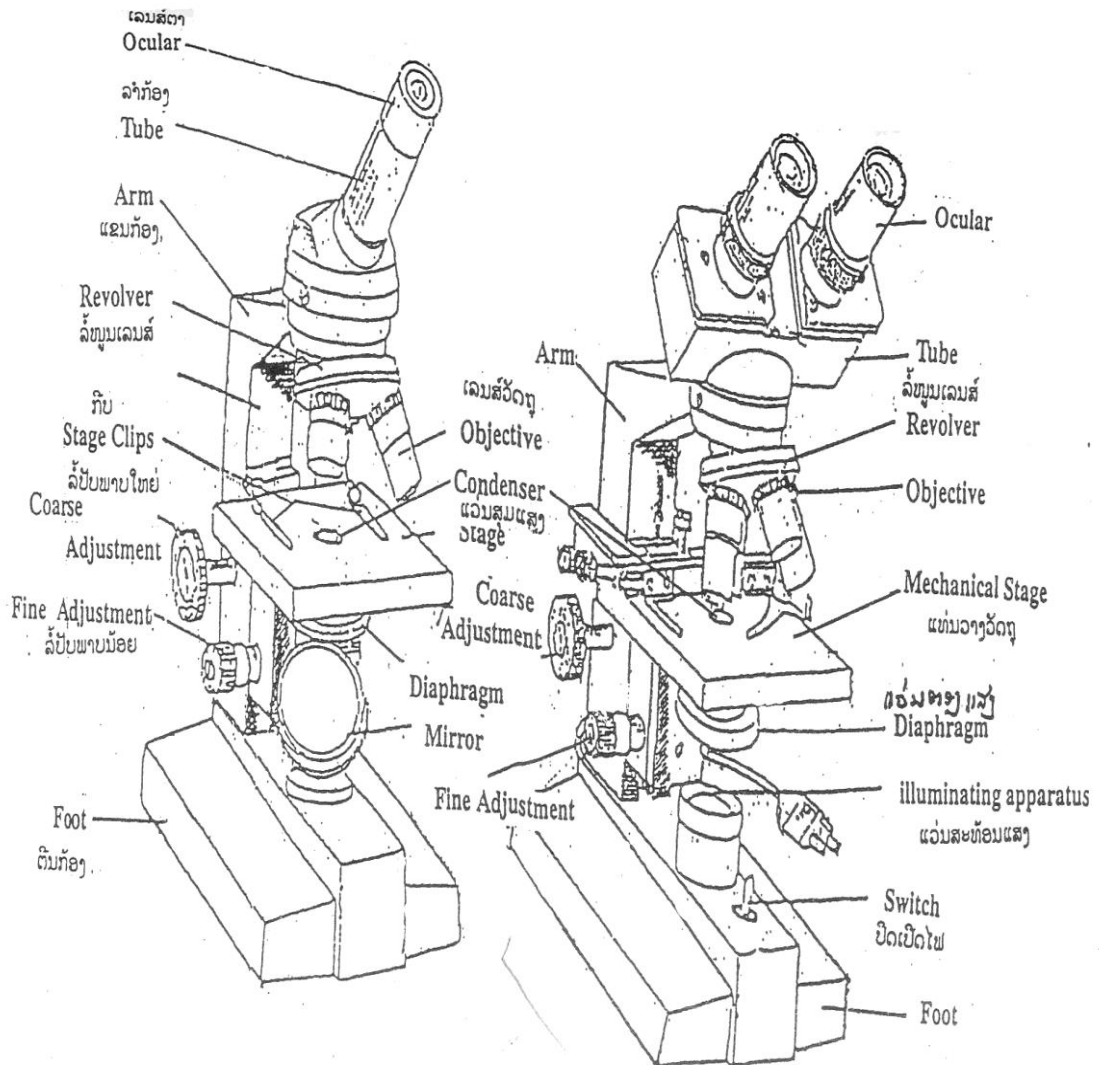
1. ດ້ວຍເຫດໃດຈຶ່ງເອີ້ນວ່າກ້ອງ (Compound light microscope)?

2. ກ້ອງຈຸລະທັດທີ່ທ່ານກຳລັງສຶກສາຢູ່ນັ້ນມີເລນໃກ້ວັດຖຸກຳລັງຂະຫຍາຍເທົ່າໃດ?

3. ໄລຍະເຮັດວຽກຂອງກ້ອງຈຸລະທັດແມ່ນຫຍັງ? ເມື່ອໃຊ້ເລນວັດຖຸກຳລັງຂະຫຍາຍຕ່ຳ ແລະ ກຳລັງຂະຫຍາຍສູງ ໄລຍະການເຮັດວຽກມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼືບໍ່ ແຕກຕ່າງກັນແນວໃດ?

4. ຖ້າຕ້ອງການໃຫ້ພາບປະກົດໃນກ້ອງຈຸລະທັດຂະໜາດກຳລັງຂະຫຍາຍ(x100) ເທົ່າຂອງວັດຖຸເຮົາຕ້ອງເຮັດ ແນວໃດ?

5. ຖ້າເຮົາຕ້ອງການເບິ່ງວັດຖຸບາງໃສ່ບໍ່ມີສີ ເຮົາຕ້ອງປັບແສງໃຫ້ເຂົ້າກັບກ້ອງຈຸລະທັດຫຼາຍ ຫຼື ຫນ້ອຍ ໂດຍປັບສ່ວນປະກອບໃດຂອງກ້ອງ?
6. ພາບທີ່ປະກົດໃນກ້ອງຄ້າຍຄື ຫຼື ແຕກຕ່າງຈາກພາບທີ່ເຫັນວັດຖຸດ້ວຍຕາເປົ່າ ຫຼື ບໍ່ ຄືແນວໃດ?



ບາງຄຳສອບຖາມ ກ່ຽວກັບ ກ້ອງຈຸລະທັດ

- I. ກຸ່ມສຶກສາທີ່..... ສາຍຮຽນ.....ລະບົບ.....ຫ້ອງ.....ປີທີ່.....
ຊື່ ແລະ ນາມສະກຸນ
1. ທ້າວ/ນາງ.....
2. ທ້າວ/ນາງ.....
- 3 ທ້າວ/ນາງ.....
- 4 ທ້າວ/ນາງ.....
- II. ສຶກສາກ່ຽວກັບ.....ວິຊາ.....
- III. ຈຸດປະສົງຂອງການທົດລອງ
- 1.....
- 2.....
- 3.....

IV. ອຸປະກອນທີ່ໃຊ້

- 1.....
- 2.....
- 3.....

V. ພາກປະຕິບັດ

1. ເວົ້າເຖິງສ່ວນປະກອບຕ່າງໆຂອງກອງຈຸລະທັດ.
2. ການກະກຽມສະໄລ
3. ວິທີປະຕິບັດໃນການນຳໃຊ້ກ້ອງຈຸລະທັດ.

VI. ຜົນການສຶກສາ

1. ຕອບຄຳຖາມທ້າຍບົດ.....
2. ການກະກຽມແຜ່ນສະໄລ.....
3. ວິທີປະຕິບັດ ການນຳໃຊ້ກ້ອງຈຸລະທັດ.....

VII. ຜົນການສຶກສາ

1. ຕອບຄຳຖາມທ້າຍບົດ.....
2. ລາຍງານຜົນການປະຕິບັດໃສ່ຕາຕະລາງລຸ່ມນີ້:.....
ບົດລາຍງານຜົນການປະຕິບັດຕົວຈິງ
✍ ຈົ່ງບັນທຶກຜົນການປະຕິບັດລົງໃສ່ຕາຕະລາງລຸ່ມນີ້:

ລາຍການທີ່ສຶກສາ	ຜົນການປະຕິບັດ
1. ສະພາບທີ່ປະກົດໃນກ້ອງ	
2. ຂະໜາດຂອງເລນຜ່ານສູນກາງຂອງວົງແສງສະຫວ່າງເມື່ອໃຊ້ເລນໃກ້ວັດຖຸກຳລັງຂະໜາດຕ່ຳສຸດ	
3. ຂະໜາດຂອງວັດຖຸ (ໄມ້ບັນທັດ)	
4. ສິ່ງທີ່ມີຊີວິດຊະນິດຕ່າງໆທີ່ພົບຈາກນ້ຳບວກ (ບອກລັກສະນະທີ່ສັງເກດເຫັນ ຫຼື ແຕ້ມຮູບ)	

3. ສະຫຼຸບຜົນ ແລະ ວິຈານຜົນການສຶກສາ

.....

.....

.....

.....

.....

ບົດທີ3

ການສັງເກດຈຸລັງພືດ ແລະ ຈຸລັງສັດ

I. ການສັງເກດຈຸລັງພືດ

ຈຸດປະສົງ

ເພື່ອໃຫ້ນັກຮຽນສາມາດ:

- ສັງເກດເຫັນສ່ວນປະກອບຕ່າງໆຂອງຈຸລັງພືດ ແລະ ຈຸລັງສັດ

ອຸປະກອນທົດລອງ

- | | |
|---------------|----------------------------|
| - ກ້ອງຈຸລະທັດ | - ແປ້ງຄີບ |
| - ແຜ່ນສະໄລ | - ນໍ້າເປືອຍ Methylene blue |
| - ແຜ່ນລາແມນ | - ໄມ້ຈີ້ມແຂ້ວ |
| - ຫົວຜັກປົວ | - ມິດ |
| - ນໍ້າກັນ | - ເຂັ້ມເຂ່ຍ |

ທິດສະດີລວມ

ຈຸລັງແມ່ນຫົວໜ່ວຍໂຄງສ້າງພື້ນຖານນ້ອຍທີ່ສຸດຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດ ເຊິ່ງຈະເຮັດໜ້າທີ່ການປະສານງານ ແລະ ການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດ, ຈຸລັງພືດ ແລະ ຈຸລັງສັດແມ່ນມີຄວາມແຕກຕ່າງທາງດ້ານອົງປະກອບຄື:

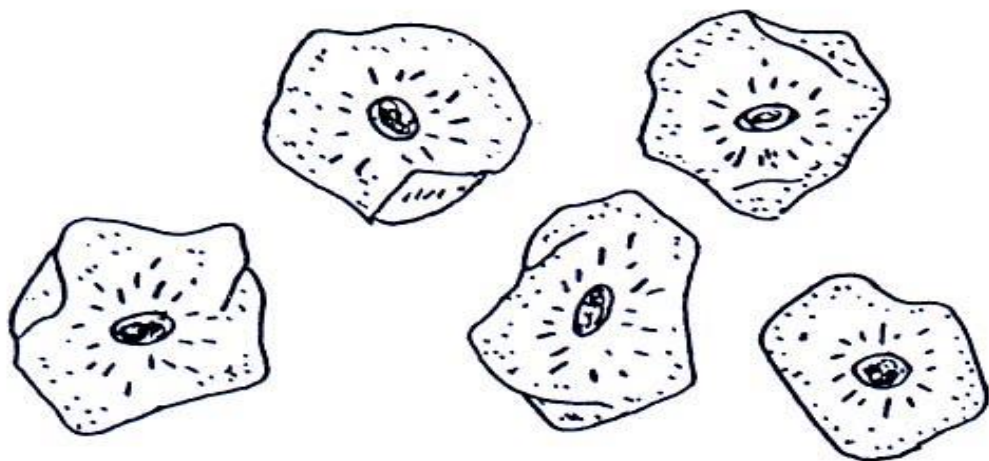
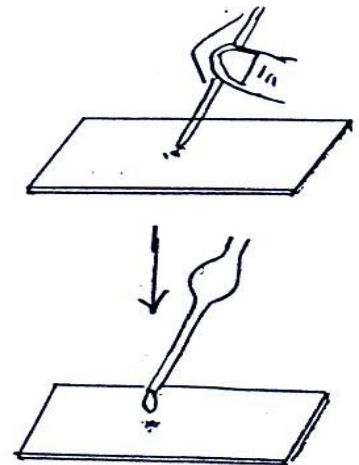
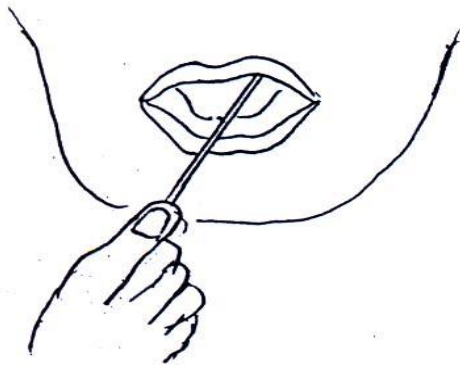
➤ **ຈຸລັງພືດ:** ປະກອບດ້ວຍຂອບຫຸ້ມຈຸລັງ, ທາດຈຸລັງ ແລະ ແກ່ນຈຸລັງ (ຂອບຫຸ້ມຈຸລັງພືດແມ່ນປະກອບດ້ວຍທາດ *Cellulose* ແລະ *pectin* ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຂອບຈຸລັງພືດມີຄວາມໜາ ແລະ ແຂງ)

➤ **ຈຸລັງສັດ:** ປະກອບດ້ວຍເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງ, ທາດຈຸລັງ ແລະ ແກ່ນຈຸລັງ (ເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງທີ່ປະກອບດ້ວຍທາດ *Protein* ແລະ *Lipid* ທີ່ເອີ້ນວ່າ: *Lipoprotein* ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ເຈ້ຍຫຸ້ມຈຸລັງສັດບາງ ແລະ ອ່ອນນຸ້ມ)

ວິທີປະຕິບັດ

➤ **ຈຸລັງສັດ**

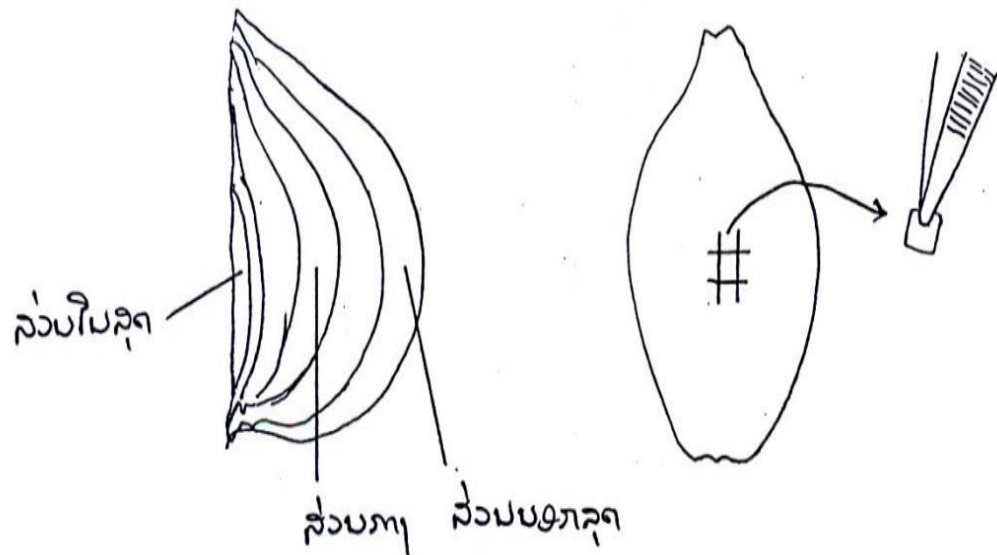
1. ລ້າງປາກໃຫ້ສະອາດ
2. ໃຊ້ໄມ້ຈີ້ມແຂ້ວຂຸດເອົາແພຈຸລັງຢູ່ໃນຜິ້ງແກ້ມ
3. ເອົາແພຈຸລັງທີ່ຂຸດຈາກຜິ້ງແກ້ມວາງໄວ້ເທິງແຜ່ນສະໄລແລ້ວປະໄວ້ໃຫ້ແຫ້ງ
4. ຢອດນ້ຳເບືອຍ Methylene blue ໃສ່ 1 ຢອດແລ້ວປະໄຫ້ໄວ້ 2 - 3 ນາທີປະໄວ້ໃຫ້ຕິດສີ
5. ປົກແພຈຸລັງດ້ວຍແຜ່ນລາແມນແລ້ວຢອດນ້ຳໃສ່ດ້ານໜຶ່ງເທື່ອລະຢອດ ແລະ ອີກດ້ານໜຶ່ງ
ເອົາເຈ້ຍອະນາໄມຊັບສີທີ່ຕິດອອກໃຫ້ໝົດ



➤ **ສ້າງເກດຈຸລັງຫົວຜັກປົ່ວ**

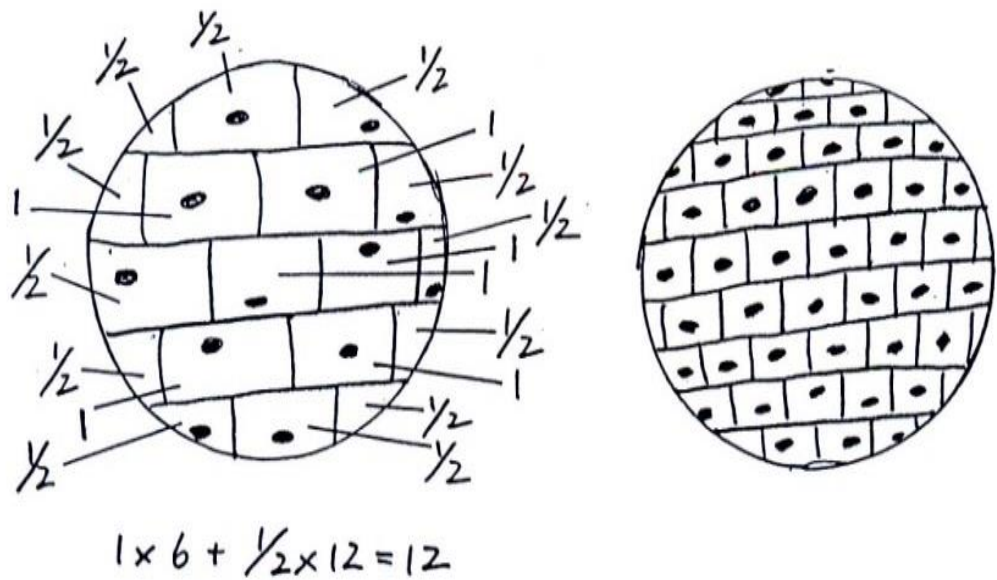
1. ຕັດຫົວຜັກປົ່ວອອກເປັນ 4 ຫຼື 8 ສ່ວນ
2. ເອົາສ່ວນໃນສຸດ, ສ່ວນກາງ ແລະ ສ່ວນນອກສຸດຂອງຫົວຜັກປົ່ວ

(ຮູບພາບທີ 3)



ໃຊ້ມີດລາມຕັດເອົາດ້ານໃນຫົວຜັກປົ່ວຂະໜາດ 5mm x 5mm ແລ້ວໃຊ້ແປ້ງລອກອອກ

3. ວາງສ່ວນທີ່ລອກອອກມາໃສ່ແຜ່ນສະໄລແລ້ວຢອດນ້ຳ ຫຼື Acetic carmine 1 ຢອດ
4. ເອົາແຜ່ນລາແມນປົກໄວ້ ແລ້ວຢອດນ້ຳໃສ່ດ້ານໜຶ່ງເທື່ອລະຢອດ ແລະ ອີກດ້ານໜຶ່ງເອົາເຈ້ຍອະນາໄມ ຊັບສີທີ່ຕິດອອກໃຫ້ໝົດ
5. ນຳໄປສ້າງເກດດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດແລະແຕ້ມຮູບ
6. ນັບຈຳນວນຂອງຈຸລັງຂອງຫົວຜັກປົ່ວທີ່ເຫັນໃນກ້ອງຈຸລະທັດກຳລັງຂະຫຍາຍ x 100, ຖ້າຫາກເຫັນ ຈຸລັງບໍ່ແຕ້ມສ່ວນໃຫ້ນັບເອົາເຄິ່ງໜຶ່ງ



(ຮູບພາບທີ 4)

ຕາຕະລາງບັນທຶກຈຳນວນຈຸລັງຫົວຜັກປົ່ວ

	ສ່ວນໃນສຸດຂອງຫົວ ຜັກປົ່ວ	ສ່ວນກາງຂອງຫົວ ຜັກປົ່ວ	ສ່ວນນອກສຸດຂອງ ຫົວຜັກປົ່ວ
ຈຳນວນຂອງຈຸລັງ			

ບົດທີ4

ການສັງເກດລະອອງເກສອນດອກໄມ້

I. ຈຸດປະສົງ

1. ໃຫ້ນັກຮຽນສາມາດສຶກສາ ຮູບຮ່າງໂຄງປະກອບສ້າງຂອງຈຸລັງສືບພັນເພດຜູ້ຂອງພືດໄດ້.
2. ໃຫ້ນັກຮຽນສາມາດສຶກສາຮູບຮ່າງໂຄງປະກອບສ້າງຂອງເຕົ້າໄຂ່ ແລະ ຈຸລັງໄຂ່ຂອງພືດໄດ້.

II. ທິດສະດີລວມ

- ລະອອງເກສອນຂອງດອກໄມ້ແມ່ນ ພາກສ່ວນທີ່ເປັນຝຸ່ນນ້ອຍໆ ບັນຈຸຢູ່ໃນກັບເກສອນຜູ້ເຮັດໜ້າທີ່ເປັນຈຸລັງສືບ ພັນຕົວຜູ້, ເມື່ອດອກຈະເລີນເຕີບໂຕເຕັມທີ່ແລ້ວກັບເກສອນຈະແຕກອອກແລ້ວລະອອງເກສອນຈະປົວອອກໄປຕາມສະພາບ ແວດ ລ້ອມທີ່ເໝາະສົມ.
- ເຕົ້າໄຂ່ເປັນອະໄວຍະວະເກສອນເພດແມ່ທີ່ຕັ້ງຂອງເຕົ້າໄຂ່ເພື່ອຊ່ວຍໃນການຈັດປະເພດຂອງພືດ ເຕົ້າໄຂ່ເປັນ ບ່ອນບັນຈຸຈຸລັງໄຂ່ ເພື່ອເຮັດໜ້າທີ່ປະສົມກັບລະອອງເກສອນເພດຜູ້.

III. ອຸປະກອນການທົດລອງ

- ດອກໄມ້ຊະນິດຕ່າງໆ ທີ່ມີເກສອນຜູ້ ແມ່.
- ແວ່ນຂະຫຍາຍ, ກ້ອງຈຸລະທັດ.
- ແຜ່ນລ່າມ, ແຜ່ນລາແມນ.
- ຄືມຄືບ, ເຂັມເຂ່ຍ.
- ນ້ຳກ້ຽນ, ມືດລ່າມ.

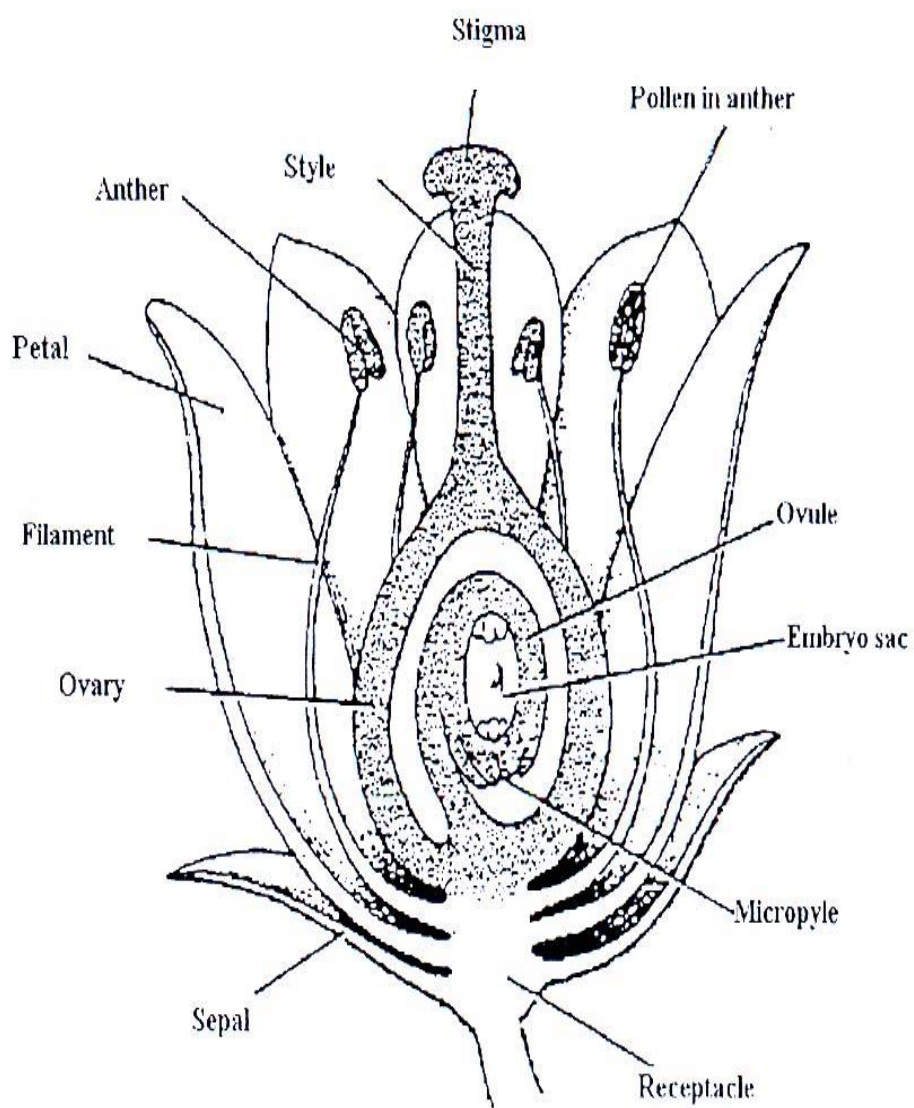
IV. ວິທີປະຕິບັດ

ກ. ສຶກສາລະອອງເກສອນຜູ້.

- ເອົາຄືມຄືບເອົາກັບເກສອນມາວາງລົງເທິງແຜ່ນລ່າມ.
- ຄ່ອຍໆເຂ່ຍເອົາແຜ່ນລະອອງເກສອນອອກໃສ່ແຜ່ນລ່າມ.
- ຢອດນ້ຳກ້ຽນໃສ່ ຢອດ ແລ້ວເອົາແຜ່ນລ່າມມາປົກ.
- ນຳໄປສ່ອງດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດ ພ້ອມທັງແຕ້ມຮູບ.

ຂ. ສຶກສາເບິ່ງເຕົ້າໄຂ່ (ເກສອນແມ່)

- ລິເອົາພາກສ່ວນຕ່າງໆອອກຈາກດອກໃຫ້ເຫຼືອພຽງ ແຕ່ເຕົ້າໄຂ່ (ເກສອນແມ່)
- ໃຊ້ມືດລ່າມຜ່າຕັດຕາມລວງຍາວຢ່າງລະມັດລະວັງ ແຕ່ຢອດເກສອນຈົນເຖິງເຕົ້າໄຂ່.
- ວາງລົງເທິງແຜ່ນລ່າມສະໄລແລ້ວນຳໄປສ່ອງເບິ່ງດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດ ຫຼື ໃຊ້ແວ່ນຂະຫຍາຍສັງເກດເບິ່ງ.
- ແຕ້ມຮູບທີ່ສັງເກດເຫັນ.



ລະດັບ	ລັກສະນະ
1. ລະອອງເກສອນຜູ້	
2. ເຕົ້າໄຂ່	

V. ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ.

ບົດລາຍງານທີ4

ການທົດລອງ.. .. .

I. ຊື່ ແລະ ນາມສະກຸນ

1.....ຊື່ນຮຽນ.....ຫ້ອງຮຽນ.....ລະບົບ

ສຶກສາກ່ຽວກັບ.....ວິຊາ.....

II. ຈຸດປະສົງຂອງການທົດລອງ

1.....

2.....

3.....

IV. ອຸປະກອນໃນການທົດລອງ

1.....

2.....

3.....

V. ພາກປະຕິບັດ

1. ຈົ່ງຂຽນຂັ້ນຕອນການທົດລອງໃຫ້ລະອຽດ?

2. ລະອອງເກສອນຜູ້ ແລະ ເຕົ້າໄຂ້ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນແນວໃດ?

3. ເຕົ້າໄຂ້ຕັ້ງຢູ່ພາກສ່ວນໃດຂອງດອກ?

VI. ສຶກສາຜົນການທົດລອງ

1. ຕອບຄໍາຖາມທ້າວິດ

2. ຈົ່ງບັນທຶກຜົນການທົດລອງໃສ່ຕາຕະລາງລຸ່ມນີ້

ລະດັບ	ລັກສະນະ
1. ລະອອງເກສອນຜູ້ 2. ເຕົ້າໄຂ້	

3. ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ

ບົດທີ5

ການສັງເກດແສງຂອງພືດ

ບົດທົດລອງ: ການສັງເກດແສງຂອງພືດ

ຈຸດປະສົງ:

- ໃຫ້ນັກຮຽນເຂົ້າໃຈຂະບວນການສ້າງອາຫານຂອງພືດ(ທາດແປ້ງ) ແລະ ປັດໄຈທີ່ກ່ຽວຂ້ອງໂດຍສະເພາະແມ່ນແສງ ເປັນຕົ້ນ.

ອຸປະກອນ:

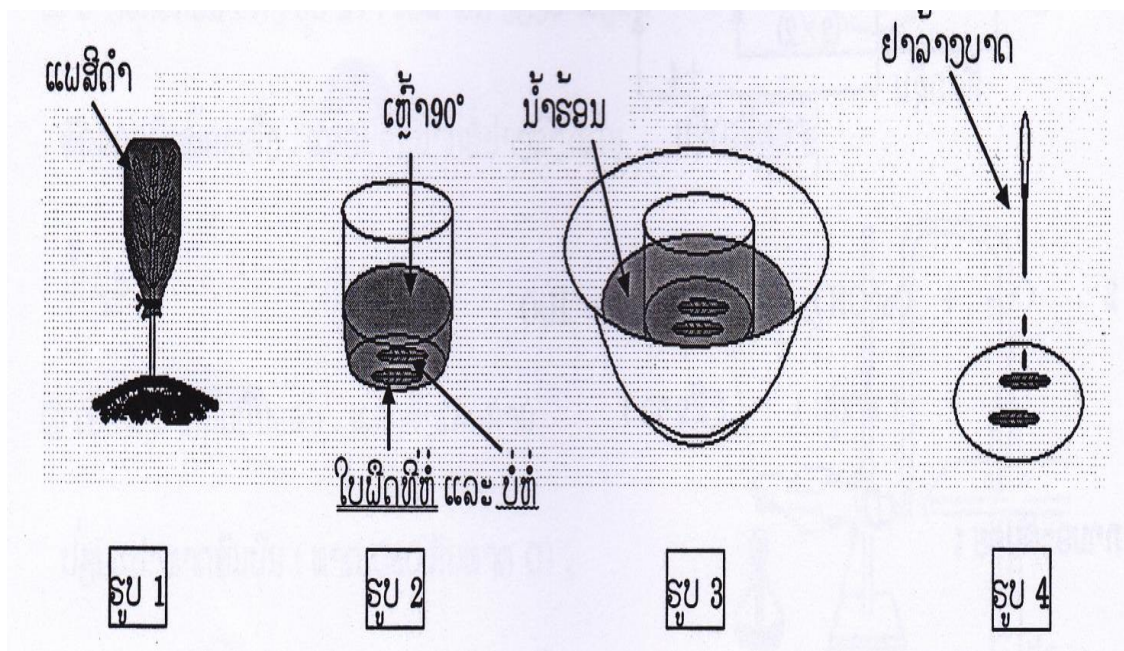
- ໃບພືດ (ຊະນິດທີ່ອ່ອນເຊັ່ນ: ຜັກບຶ້ງ, ຜັກກາດ....), ຖ້ວຍ, ຈອກ, ແພສີດຳ, ຈານ, ປິເປັດ(Pipet) ຫຼື ຊີແລັງສັກຢາ

ທາດເຄມີ:

- ນ້ຳຮ້ອນ, ເຫຼົ້າ 90° , ຢາລ້າງບາດທີ່ບັນຈຸໄອໂອດິນ (ເປຕາດິນ, ໂພລາດິນ).

ວິທີປະຕິບັດ:

- ກ່ອນການທົດລອງເຮົາເອົາແພສີດຳໄປຫໍ່ພືດໄວ້ປະມານ 1 ມື້.
- ໄປເກັບເອົາໃບພືດທີ່ເຮົາຫໍ່ກະກຽມໄວ້ນັ້ນ
- ເອົາໃບທີ່ຫໍ່ ແລະ ບໍ່ຫໍ່ມາແຊ່ເຫຼົ້າ 90° ໃນຈອກ
- ເອົາຈອກນັ້ນເຂົ້າມາແຊ່ນ້ຳຮ້ອນໃນຖ້ວຍຈົນກວ່າສີໃບພືດອອກ ແລະ ຈາງ
- ເອົາໃບພືດອອກຈາກຈອກແລ້ວ, ໄປລ້າງດ້ວຍນ້ຳໃນຖ້ວຍແລ້ວວາງໃສ່ຈານ
- ຢາລ້າງບາດຢອດໃສ່ປະໄວ້ ແລະ ສັງເກດ

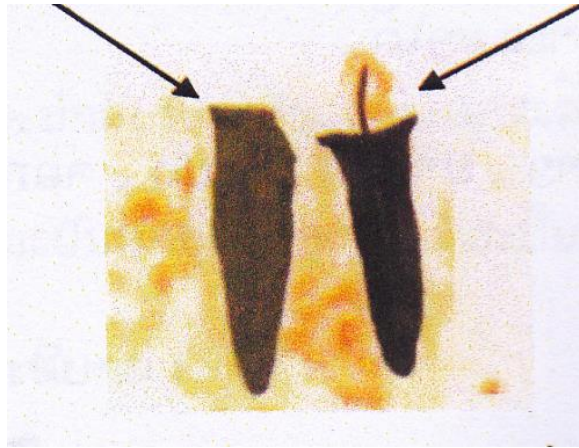


ຄໍາຖາມ:

- 1) ໃບພືດທີ່ຫໍ່ ແລະ ບໍ່ຫໍ່ມີຜົນແຕກຕ່າງກັນຄືແນວໃດ?
- 2) ຍ້ອຍຫຍັງໃບພືດທີ່ຫໍ່ ແລະ ບໍ່ຫໍ່ຈຶ່ງມີຜົນແຕກຕ່າງກັນ?

- ການອະທິບາຍ:

- ໃບພືດທີ່ບໍ່ໄດ້ປຸງນສີ ແລະ ໃບພືດທີ່ບໍ່ໄດ້ປຸງນເປັນສີອິດ, ສີມ່ວງ



- ໃບພືດທີ່ບໍ່ຖືກແສງແດດ, ໄດ້ມີການສັງເຄາະແສງແລ້ວໄດ້ທາດແປ້ງ
- ໃບພືດທີ່ບໍ່ຖືກແສງແດດ, ບໍ່ມີການສັງເຄາະແສງແລ້ວບໍ່ໄດ້ທາດແປ້ງ
- **ການສະຫຼຸບ:**
ສົມຜົນການສັງເຄາະແສງທົ່ວໄປ



(ອາຍກາກໂບນິກ) (ນ້ຳ) (ນ້ຳຕານ) (ອີກຊີແຊນ) (ນ້ຳ)

- ພຶດຕິການອາຍກາກໂບນິກ, ນ້ຳ ແລະ ແສງແດດ ໃນການສັງເຄາະແສງ, ຫຼັງຈາກການສັງເຄາະແສງແລ້ວ ຈະໄດ້ນ້ຳຕານ ແລະ ອີກຊີແຊນ
- ຢູ່ໃນພືດໃບລ້ຽງຄູ່, ນ້ຳຕານຈະຜະລິດທາດແປ້ງ
- ຢູ່ໃນພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວ, ນ້ຳຕານຈະບໍ່ຜະລິດທາດແປ້ງ

ໝາຍເຫດ:

- ກ່ອນການທົດລອງຄູ່ຕ້ອງສາທິດດ້ວຍການເອົາທາດແປ້ງຊະນິດໃດກໍໄດ້, ມາປະສົມກັບນ້ຳແລ້ວຢອດທາດໄອໂອດິນໃສ່ແລ້ວມັນຈະປ່ຽນສີກາຍມາເປັນສີອິດ (ສີມ່ວງ) ໃຫ້ນັກຮຽນເບິ່ງຈາກນັ້ນຈຶ່ງພານັກຮຽນດາເນີນການທົດລອງຕົວຈິງ
- ເມື່ອທາດແປ້ງທຳປະຕິກິລິຍາກັບທາດໄອໂອດິນແລ້ວມັນຈະປ່ຽນເປັນສີອິດ (ສີມ່ວງ)

ບົດທົດລອງ

ທີ່ກ່ຽວພັນກັບການສັງເຄາະແສງຂອງພືດ

ການສັງເຄາະແສງ ແລະ ການຄາຍຄາບອນໄດອັກໄຊ ແລະ ອີກຊີແຈນ

ທົດລອງ: ການສ່ອງເບິ່ງຈຸລັງປ່ອງອາກາດ

- ຈຸດປະສົງ
- ເພື່ອສຶກສາເບິ່ງໂຄງສ້າງຂອງຈຸລັງປ່ອງອາກາດໃນໃບພືດ
- ອຸປະກອນ:

- ໃບໄມ້
- ສີເຄືອບເງົາເລັບ
- ສະກັອດໃສ
- ມົດຕັດ, ມົດລາມ
- ແຜ່ນລາມໃຫຍ່
- ກ້ອງຈຸລະທັດ

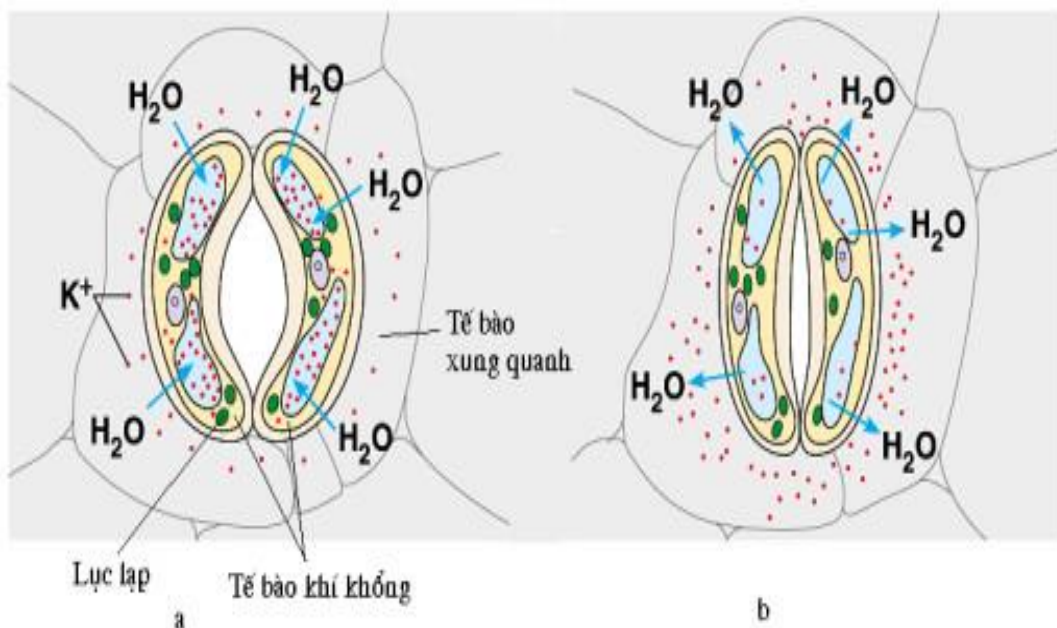
○ **ວິທີປະຕິບັດ:**

- **ວິທີ 1:** ນຳເອົາໃບໄມ້ທີ່ຄູ່ແນະນຳມາ, ໃຊ້ນ້ຳເຄືອບເງົາສີເລັບ ທາຕາມຈຸດທີ່ຕ້ອງການທັງດ້ານໜ້າ ແລະ ດ້ານຫຼັງຂອງໃບປະໄວ້ໃຫ້ແຫ້ງປະມານ 1 - 3 ນາທີ, ໃຊ້ສະກັອດໃສຕິດຈຸດທີ່ຕ້ອງການລຸບໃຫ້ແໜ້ນແລ້ວຫຼອກອອກ. ນຳສະກັອດທີ່ລອກອອກຈາກໃບໄມ້ໄປຕິດໃສ່ແຜ່ນລາມໃຫຍ່ ຫຼັງຈາກນັ້ນ ນຳໄປສ່ອງດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດ

- **ວິທີ 2:** ນຳເອົາໃບໄມ້ທີ່ຄູ່ໄດ້ແນະນຳມາ, ແລ້ວໃຊ້ມົດລາມຕັດເອົາພາກສ່ວນໜ້າຂອງໃບໃຫ້ໄດ້ບາງສຸດ ແລະ ເອົາໃສ່ແຜ່ນລາມໃຫຍ່ ຫຼັງຈາກນັ້ນ ນຳໄປສ່ອງດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດ

○ **ສະຫຼຸບຜົນໄດ້ຮັບ:**

- ໃຫ້ນັກຮຽນທຸກຄົນບັນທຶກຜົນ ແລະ ແຕ້ມເອົາສິ່ງທີ່ຕົນໄດ້ເຫັນ
- ສັງເກດເບິ່ງຈຸລັງປ່ອງອາກາດເປີດ ແລະ ປິດ
- ປຽບທຽບຈຳນວນປ່ອງອາກາດດ້ານໜ້າ ແລະ ຫຼັງຂອງໃບໄມ້ແຕ່ລະຊະນິດທີ່ນັກຮຽນນຳມາສ່ອງ



ບົດທີ6 ການລຳລຽງນ້ຳຂຶ້ນສູ່ລຳຕົ້ນຂອງພືດ

ຈຸດປະສົງ

- ເພື່ອສຶກສາແຮງດັນຂອງຮາກ ແລະ ແຮງດຶງດູດຈາກການຄາຍນ້ຳຂອງພືດ
- ເພື່ອສຶກສາການລຳລຽງນ້ຳຂອງພືດ
- ເພື່ອສຶກສາແພລຳລຽງນ້ຳ ແລະ ແພລຳລຽງອາຫານຂອງພືດຈາກຕົ້ນກະສັງ

ທິດສະດີ

- ແພພຶດທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ການລຳລຽງນ້ຳ ແລະ ແຮ່ທາດຂອງພຶດຄື ໄຊແລັມ ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍສ່ວນສຳຄັນຄື: ເວສເຊລ ແລະ ເທຣຄິທ ເຊິ່ງເປັນຈຸລັງທີ່ຕາຍແລ້ວ, ການລຳລຽງນ້ຳຈະມີທິດທາງການລຳລຽງຂຶ້ນສູ່ຍອດຕົ້ນໄມ້ເທົ່ານັ້ນ

- ແພໂຟລແອັມ ຈະເຮັດໜ້າທີ່ລຳລຽງອາຫານທີ່ສ້າງຂຶ້ນທີ່ໃບພຶດ ໂດຍຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງໄປຍັງພາກສ່ວນຕ່າງໆຂອງພຶດ ການລຳລຽງອາຫານຈະລຳລຽງໄປໄດ້ທຸກທິດທາງ ທັງຂຶ້ນ ແລະ ລົງ

ອຸປະກອນ

- | | |
|---------------|----------------|
| - ກ້ອງຈຸລະທັດ | - ສີປະສົມອາຫານ |
| - ຕົ້ນກະສັງ | - ຊຸດຜູ້ຕັດ |
| - ນ້ຳ | - ລາແມນ |
| - ບົກເກີ | - ແຜ່ນສະໄລດ໌ |

ວິທີການທົດລອງ

- ນຳຕົ້ນກະສັງທີ່ໄດ້ກຽມໄວ້ມາລ້າງນ້ຳໃຫ້ສະອາດ ຈາກນັ້ນນຳໄປແຊ່ຮາກລົງຈອກບົກເກີທີ່ບັນຈຸນ້ຳສີປະສົມອາຫານປະມານ 30 ນາທີ.



ຮູບ: ສະແດງວິທີການແຊ່ຮາກຜັກກະສັງ (ຜັກເກັດຫອຍ)

- ນຳຕົ້ນກະສັງມາລ້າງນ້ຳອີກຄັ້ງເພື່ອນຳມາຝານບໍລິເວນລຳຕົ້ນທາງຂວາງ ແລະ ທາງຍາວມາວາງລົງເທິງແຜ່ນສະໄລດ໌, ປິດດ້ວຍລາແມນ.



ຮູບ: ສະແດງການຜ່າຕັດລຳຕົ້ນຜັກກະສັງ

- ນຳໄປກວດສອບດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດຂະໜາດຕ່າງໆ ພ້ອມທັງບັນທຶກຜົນການທົດລອງ.



ຮູບ: ສະແດງການກວດສອບດ້ວຍກ້ອງຈຸລະທັດ

1. ຜົນການທົດລອງ

.....

.....

.....

.....

2. ຄໍາຖາມ

1. ລັກສະນະຂອງລຳພືດທີ່ກວດສອບເຫັນເປັນແນວໃດ?
2. ແພລຳລຽງນ້ຳ ແລະ ອາຫານແຕກຕ່າງກັນແນວໃດ?

ບົດທົດລອງ

ທີ່ກ່ຽວພັນ ການລຳລຽງນ້ຳຜ່ານທໍ່ລຳລຽງນ້ຳ

ຈຸດປະສົງ

- ເພື່ອສຶກສາການລຳລຽງນ້ຳຜ່ານລຳ.
- ເພື່ອໃຫ້ເຂົ້າໃຈ ແລະ ສາມາດປະຕິບັດຂັ້ນຕອນການທົດລອງການລຳລຽງນ້ຳຜ່ານລຳໄດ້.

ວັດສະດຸ ແລະ ອຸປະກອນ

ຕົ້ນຜັກຫອມບົວ, ນ້ຳສີ (ສີປະສົມອາຫານ, ມີກບົກ ກໍໄດ້), ມີລາມ, ກ້ອງຈຸລະທັດ, ແຜ່ນລາແມ້ນ, ແຜ່ນສະໄລດ໌, ຈອກບົກເກີ

ວິທີປະຕິບັດ

- ຕັດຫົວຜັກບົວ 2 ຕົ້ນ. ຕົ້ນທີ 1 ໃຫ້ຕັດບໍລິເວນງ່າ (ຈິງຕ່ຳໄວ້) ເບື້ອງລຸ່ມແມ່ນໃຫ້ຕັດເທິງຮາກ
- ຕັດຕົ້ນທີ 2 ແມ່ນບໍ່ຈິງງ່າແຕ່ໃຫ້ເອົາແຜ່ນລາແມ້ນປົກຢູ່ເທິງ
- ເອົາຕົ້ນຜັກບົວທັງ 2 ຕົ້ນແຊຕັ້ງໄວ້ໃນຈອກນ້ຳສີ



- ຫຼັງຈາກນັ້ນ 2 – 3 ຊົ່ວໂມງ ໃຫ້ສັງເກດ ແລະປຽບທຽບການເຄື່ອນທີ່ຂອງທາດຍ້ອມສີໃນລຳຕົ້ນທັງ 2 ແລ້ວເຮົາຈະເຫັນວ່າທາດຍ້ອມສີຕົ້ນທີ 2 ຈະເຄື່ອນທີ່ຂຶ້ນບໍ່ຫຼາຍປານໃດ.

ຕົ້ນທີ 1

ຕົ້ນທີ 2



- ຕັດລຳຕົ້ນຜັກບົວຕົ້ນທີ 1 ໃຫ້ບາງໆວາງເທິງແຜ່ນສະໄລດ໌ແລ້ວຍອດນ້ຳໃສ່ 1 ຢອດແລະໄປສັງເກດຜ່ານກ້ອງຈຸລະທັດແລ້ວສັງເກດ ແລະແຕ້ມຮູບ ຫຼື ບັນທຶກພາບທີ່ເຫັນ

ຜົນການທົດລອງ

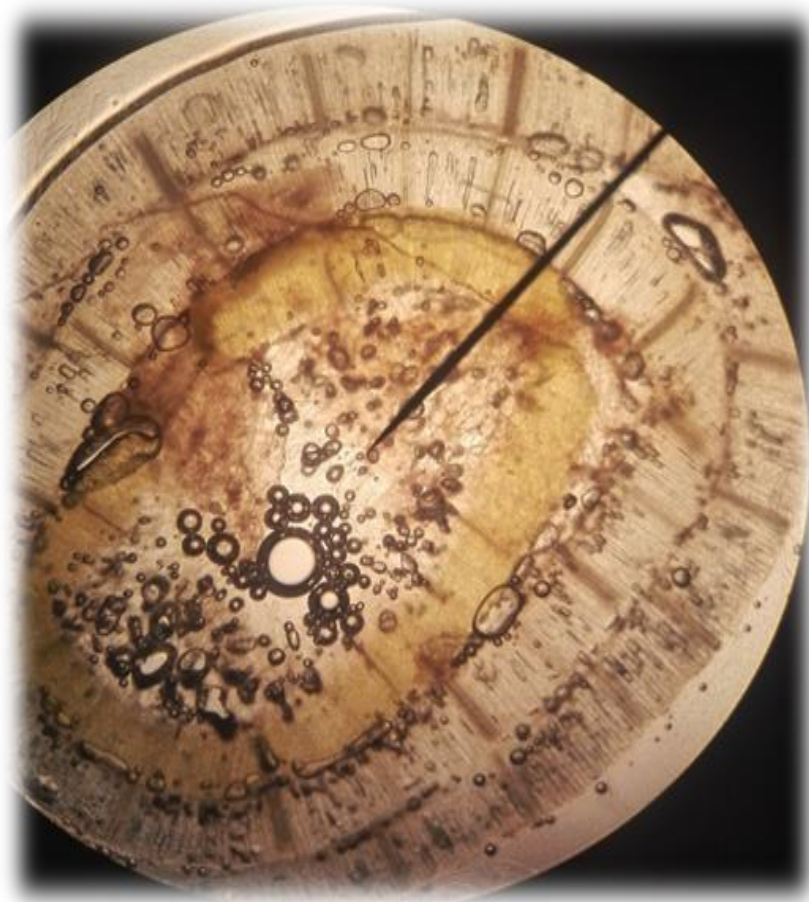
- ຫຼັງຈາກເອົາຕົ້ນຜັກບົວທັງ 2 ຕົ້ນແຊຕັ້ງໄວ້ໃນຈອກນ້ຳສີປະມານ 2 – 3 ສັງເກດເຫັນວ່າທາດສີເຄື່ອນທີ່ໄດ້ຫຼາຍແມ່ນລຳຕົ້ນທີ 1 (ຕົ້ນທີ່ຈິງຕ່ຳໄວ້) ສ່ວນຕົ້ນທີ 2 ແມ່ນສີຈະເຄື່ອນທີ່ຂຶ້ນບໍ່ຫຼາຍປານໃດ.



ຕົ້ນທີ1

ຕົ້ນທີ2

- ເມື່ອຕັດລຳຕົ້ນຜັກປົວຕົ້ນທີ 1 ໃຫ້ບາງໆວາງເທິງແຜ່ນສະໄລດ໌ແລ້ວຍອດນ້ຳໃສ່ 1 ຢອດ ແລະ ໄປສັງເກດຜ່ານກ້ອງຈຸລະທັດ ສັງເກດເຫັນເມັດສີແດງນ້ອຍໆຫຼາຍເມັດອ້ອມກັນເປັນວົງມົນ ແລະ ມີຫຼາຍຢູ່ຈຸດໃຈກາງຂອງມັນ.



○ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ

- ສີເຄື່ອນທີ່ໄດ້ຫຼາຍແມ່ນລຳຕົ້ນທີ 1 (ຕົ້ນທີ່ຈົ່ງຕ່ຳໄວ້) ສ່ວນຕົ້ນທີ 2 ແມ່ນສີຈະເຄື່ອນທີ່ຂຶ້ນບໍ່ຫຼາຍປານໃດເພາະວ່າລຳຕົ້ນທີ 1 ມີການຄາຍນ້ຳຫຼາຍກວ່າຕົ້ນທີ 2 ສະນັ້ນມັນຈຶ່ງຕັ້ງການດູດນ້ຳຂຶ້ນຫຼາຍກວ່າເພື່ອປັບສົມດິນຂອງມັນ.

- ເມັດສີແດງທີ່ສັງເກດເຫັນຈາກກ້ອງຈຸລະທັດນັ້ນແມ່ນເມັດສີທີ່ຕິດຢູ່ພາຍໃນທີ່ໄຊແລມຂອງຕົ້ນຜັກຫອມປົວ ເຊິ່ງແມ່ນພືດໃບລ້ຽງດ່ຽວສະນັ້ນທີ່ໄຊແລມຈຶ່ງຮຽງຕົວກັນວົງມົນອ້ອມລຳຕົ້ນຂອງມັນ.

- ພືດດູດນ້ຳເພື່ອນຳໄປໃຊ້ໃນການສັງເກດແສງ ແລະ ສ່ວນທີ່ເຫຼືອແມ່ນຄາຍອອກທາງໃບ ແລະ ເວລາມັນຄາຍນ້ຳອອກແລ້ວມັນຈະດູດນ້ຳຂຶ້ນມາອີກເພື່ອທົດແທນນ້ຳທີ່ເສຍໄປຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ນ້ຳເຄື່ອນທີ່ຂຶ້ນສູ່ລຳຕົ້ນ.

- ຈາກການທົດລອງເຮົາສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ວ່າພືດຈະດູດນ້ຳມາໃຊ້ໃນຂະບວນການຕ່າງໆດ້ວຍຜ່ານທາງຂົນດູດຂອງຮາກແລ້ວລຳລຽງຈາກຮາກຂຶ້ນສູ່ພາກສ່ວນລຳຕົ້ນ ແລະ ໃບຕາມລຳດັບເຊິ່ງຜ່ານທໍ່ໄຊແລມຂອງພືດ.

ບົດທີ 7

ການທົດລອງທົດສອບທາດແປ້ງໃນຜັກ-ໝາກໄມ້ ແລະ ຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ

1. ຈຸດປະສົງ

- ເພື່ອທົດສອບທາດແປ້ງໃນຜັກ ແລະ ໝາກໄມ້ ດ້ວຍການຢອດນ້ຳເປື່ອຍໄອໂອດິນ(ຕົວເລັ່ງປະຕິກິລິຍາ)ໃສ່.
- ເພື່ອສຶກສາ ແລະ ສັງເກດຄຸນລັກສະນະຂອງທາດແປ້ງ.

2. ທົດສະດີ

ທາດແປ້ງ ຫຼື ຄາໂບໄຮເດຣດເປັນທາດຊີວະໂມເລກຸນສຳຄັນທີ່ເປັນອົງປະກອບຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດພົບທັງໃນພືດ ແລະ ສັດເຊິ່ງໝາຍເຖິງຄາໂບນທີ່ອີ່ມຕົວໄປດ້ວຍນ້ຳ, ມີສູດເຄມີທົ່ວໄປດ້ວຍຄື: $(CH_2O)_n$. ທາດດັ່ງກ່າວໄດ້ມາຈາກຂະບວນການສັງເຄາະດ້ວຍແສງຂອງພືດໂດຍໃຊ້ທາດ CO_2 ແລະ H_2O ເຊິ່ງອາໃສເມັດສີ (Chlorophyll) ໃນການດູດຄື້ນແສງ ແລະ ໃຊ້ພະລັງງານແສງເປັນຕົວເລັ່ງ. ຄາໂບໄຮເດຣດເປັນສ່ວນປະກອບທີ່ສຳຄັນຂອງຈຸລັງເຊັ່ນ: ໃນຈຸລັງພືດພົບໃນຮູບແບບນ້ຳຕານເຊລູໂລສ (Cellulose) ແລະ ແປ້ງ (Starch), ສ່ວນໃນຈຸລັງສັດຈະ

ພົບໃນຮູບແບບນໍ້າຕານກລູໂຄສ (Glucose) ແລະ ນໍ້າຕານໄກລໂກເຈນ (Glycogen) ເຊິ່ງເຮັດໜ້າທີ່ເປັນແຫຼ່ງສະສົມພະລັງງານທີ່ສໍາຄັນສໍາລັບການເຮັດວຽກຂອງອະໄວຍະວະຕ່າງໆ. ແຫຼ່ງອາຫານທີ່ໃຫ້ຄາຣໂບໄຮເດຣດທີ່ສໍາຄັນໄດ້ແກ່: ເຂົ້າ, ແບັງ, ນໍ້າຕານ, ເຜືອກ, ມັນ, ອ້ອຍ, ສາລີ, ໝາກໄມ້ສຸກ, ນໍ້າເຜິ້ງ ແລະ ອື່ນໆ¹

3. ອຸປະກອນ ແລະ ທາດເຄມີ

ທາດລະລາຍໄອໂອດິນ ຫຼື ເປຕາດິນເຈືອຈາງ 10%, ທາດປະສົມແບັງ (ແບັງມັນຕີ້ນ) ແລະ ໝາກໄມ້ເຊັ່ນ: ມັນຝຣັ່ງ, ຫົວມັນດ້າງ, ເຜືອກ, ໝາກກ້ວຍ, ໝາກນົດ, ໝາກແອັບເປີນ, ເຂົ້າໜຽວສຸກ, ເຂົ້າຈ້າວສຸກ, ຈອກບົກເກີ, ກ້ອງຈຸລະທັດ, ແຜ່ນສະໄລດ໌, ແຜ່ນລາແມນ, ຫຼອດຢອດ, ບາຫຼອດວັດແທກອຸນຫະພູມ, ນໍ້າ, ກັບໄຟ, ຕະກຽງເຫຼົ້າ 90, ຕະແກ້ງກັນຄວາມຮ້ອນ, ເຈ້ຍອະນາໄມ ແລະ ມິດລາມ.

4. ວິທີປະຕິບັດ

- ນໍາເອົາ ແບັງມັນຕີ້ນ, ເຂົ້າໜຽວສຸກ, ໝາກກ້ວຍ, ໝາກແອັບເປີນ, ຫົວກະລິດ ແຕ່ລະຢ່າງ 5 g ລົງໃສ່ໃນແຕ່ລະຈອກບົກເກີທີ່ກຽມໄວ້ ເຊິ່ງແຕ່ລະຈອກມີນໍ້າ 100 ml ແລະ ຄົນໃຫ້ເຂົ້າກັນ.
- ນໍາເອົາຈອກບົກເກີທີ່ກຽມໄວ້ໄປຕົ້ມໃຫ້ຮ້ອນປະມານ 40 ອົງສາ ແລະ ຄົນໃຫ້ເຂົ້າກັນ ແລ້ວປະໄວ້ໃຫ້ເຢັນ
- ຮ່າຍເອົານໍ້າແຕ່ລະຊະນິດທີ່ຕົ້ມ ແລະ ເຢັນ ນັ້ນ ລົງໃສ່ໃນຈອກບົກເກີນ້ອຍທີ່ມີຂະໜາດ 10 ml ຫຼື ຫຼອດທົດລອງ.
- ຢອດທາດລະລາຍໄອໂອດິນ ທີ່ປຸງແຕ່ງແລ້ວໃນປະລິມານ 10 % ໃສ່ 2 – 3 ຢອດ
- ນໍາເອົານໍ້າແບັງທີ່ຕົ້ມໄວ້ນັ້ນໃສ່ລົງໃນຫຼອດທົດລອງ 10 ml
- ຕົ້ມ 1-2 ຢອດຂອງທາດໄອໂອດິນລົງໃນຫຼອດທົດລອງທີ່ກຽມໄວ້ກ່ອນນັ້ນ 10 ml ສັງເກດສີ ແລະ ບັນທຶກຜົນ.

ສັງເກດຜົນການທົດລອງພ້ອມບັນທຶກລົງໃນຕາຕະລາງບັນທຶກຜົນຂ້າງລຸ່ມນີ້.

ປະເພດພືດຫົວ	ຜົນທີ່ໄດ້ຮັບ	ປະເພດໝາກໄມ້	ຜົນທີ່ໄດ້ຮັບ
ກະລິດ	ສີ.....	ໝາກກ້ວຍ	ສີ.....
ມັນຝຣັ່ງ	ສີ.....	ໝາກແອັບເປີນ	
ເຂົ້າ	ສີ.....		
ແບັງເຂົ້າໜຽວ	ສີ.....		

5. ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ

.....

.....

.....

¹ບົດນີ້ກ່ຽວຂ້ອງກັບມັດທະຍົມປີທີ 5 ແລະ ປີທີ 7

6. ຄໍາຖາມ

1. ຜັກ ແລະ ໝາກໄມ້ຊະນິດໃດທີ່ມີທາດແປ້ງຫຼາຍກວ່າໝູ່? ຍ້ອນຫຍັງ?

ບົດທີ 8

ການເກັບຕົວຢ່າງພືດ ແລະ ສັດ

I. ການເກັບຕົວຢ່າງພືດ

○ ອຸປະກອນ

- ໄມ້ໜົບ, ຖົງຢາງໃສຂະໜາດໃຫ່ຍ, ຢາງບ້ວງ, ມົດຕັດຕັດກິ່ງໄມ້, ເຈ້ຍແຂງແຜ່ນໃຫ່ຍ, ເຈ້ຍບັນທຶກ
ສີເຫຼືອງຂະໜາດ (ກາງ), ກາວໃສ, ສະກັອດໃສ (ກໍ່ນ້ອຍ), ເຂັມຫຍິບເຄື່ອງ, ດ້າຍຫຍິບເຄື່ອງ, ເຈ້ຍໜັງສືພິມ,
ເຈ້ຍແກ້ດ, CuSO_4 1 ເປີເຊັນ, ວິທີປຸງແຕ່ງແມ່ນ ($1\text{g CuSO}_4 + 1\text{ l H}_2\text{O}$), ພືດຕົວຈິງທີ່ໄປເກັບມາ

○ ຂັ້ນຕອນການປະຕິບັດ

- ກະກຽມອຸປະກອນເພື່ອໄປເກັບພືດຢູ່ຂ້າງນອກຫ້ອງຮຽນ ຫຼື ປ່າ (ຖົງຢາງ, ຢາງບ້ວງ, ເຂັມ, ດ້າຍ, ປ້າຍ ຫຼື ເຈ້ຍບັນທຶກ, ເຈ້ຍໜັງສືພິມ, ມົດຕັດກິ່ງໄມ້, ໄມ້ໜົບ)
- ເລືອກພືດທີ່ຕ້ອງການເກັບມາເປັນຕົວຢ່າງ
- ຂຽນໃສ່ບັນທຶກລົງໃສ່ເຈ້ຍບັນທຶກແລ້ວ ແລ້ວເອົາເຈ້ຍບັນທຶກທີ່ບັນທຶກແລ້ວຮ້ອຍ ແລະ ມັດ
ໃສ່ພືດທີ່ເກັບນັ້ນ

ຕົວຢ່າງ: ເຈ້ຍບັນທຶກ

ຊື່ພືດ Plant Name:.....
ຊະນິດ specise:.....
ປະເພດພືດ:
ຊື່ຜູ້ເກັບພືດ Collector Name:.....
ວັນທີເດືອນປີທີ່ເກັບ Date of Collection:

ສະຖານທີ່ເກັບ Location of Collection:.....

- ນຳເອົາພືດທີ່ເກັບນັ້ນມາໃສ່ຖົງຢາງແລ້ວປິດປາກຖົງຢາງໄວ້ເພື່ອບໍ່ໃຫ້ພືດຫ່ຽວ (ຖ້າສະຖານທີ່ເກັບຫາກຢູ່ໃກ້) ຫຼັງຈາກນັ້ນໃຫ້ເອົາພືດມາຕັດແຕ່ງ ແລ້ວໜົບໃສ່ໄມ້ ແລະ ນຳພືດດັ່ງກ່າວໄປຕາກແດດໃຫ້ແຫ້ງ
- ຖ້າສະຖານທີ່ເກັບຫາກຢູ່ໄກ ຫຼັງຈາກເກັບແລ້ວຄວນຕັດແຕ່ງກົງໄມ້ແລ້ວວາງລົງໃສ່ໜັງສືພິມ ແລ້ວເອົາໄມ້ແຕະ ຫຼື ແຕະທີ່ກຽມໄປນັ້ນ ໜົບໄວ້ (ເພື່ອບໍ່ໃຫ້ໄມ້ພືດໃນເວລາຫ່ຽວ)
- ນຳເອົາພືດທີ່ໜົບໄວ້ນັ້ນມາຕາກແດດໃຫ້ແຫ້ງໃຊ້ເວລາປະມານ 3-5 ວັນຖ້າແດດກ້າ
- ວັນທີ 1 ທີ່ຕາກ ໃຫ້ປ່ຽນເຈ້ຍໜັງສືພິມທີ່ໃຊ້ໜົບ 2-3 ຄັ້ງ ເພື່ອບໍ່ໃຫ້ເຈ້ຍໜັງສືພິມນັ້ນປຽກແລະ ເປື້ອນນ້ຳທີ່ດູດຊັບຈາກພືດ
- ວັນທີ 2-5 ທີ່ຕາກໃຫ້ ສັງເກດເບິ່ງພືດ ແລ້ວປ່ຽນເຈ້ຍໜັງສືພິມທີ່ໃຊ້ໜົບ ວັນລະຄັ້ງ
- ເມື່ອພືດທີ່ຕັດນັ້ນແຫ້ງດີແລ້ວ ກໍ່ນຳພືດມາຕິດໃສ່ເຈ້ຍຂອງທີ່ກຽມໄວ້ ພ້ອມຕິດປ້າຍທີ່ຂຽນໄວ້ໃນເບື້ອງຕົ້ນນັ້ນໃສ່ພ້ອມ
- ຊີດ (CuSO₄) 1 ເປີເຊັນ ທີ່ປຸງແຕ່ງແລ້ວໃສ່ 1 ຄັ້ງ ເພື່ອບໍ່ໃຫ້ແມງໄມ້ ທຳລາຍ
- ນຳພືດທີ່ເກັບແລ້ວນັ້ນໄປໄວ້ໃນສະຖານທີ່ເກັບພືດແຫ້ງ ຫຼື ຫໍພິພິດຕະພັນພືດ

II. ການເກັບຕົວຢ່າງສັດ

○ ອຸປະກອນ

- ກົບ
- ໂຖຢາງ/ໂຖແກ້ວ
- ເຫຼົ້າທີ່ປຸງແຕ່ງແລ້ວ 15%
- ນ້ຳສະອາດ/ນ້ຳກັ່ນ
- ແຜ່ນຢາງ
- ເຂັມມຸດ
- ຟອກໂມນ Forma ທີ່ປຸງແຕ່ງແລ້ວ/ວິທີປຸງແຕ່ງ: (1 ລິດ ຟອກໂມນ + ນ້ຳ 9 ລິດ)

○ ຂັ້ນຕອນການປະຕິບັດ

- ຜູ້ຕັດກົບ (ເພື່ອໃຫ້ເຫັນອະໄວຍະວະພາຍໃນ)
- ລ້າງນ້ຳສະອາດ 1 ຄັ້ງ
- ລ້າງນ້ຳເຫຼົ້າ 15% 1 ຄັ້ງ
- ວາງກົບທີ່ຜູ້ຕັດລົງໃສ່ແຜ່ນຢາງພັດສະຕິກແລ້ວເອົາເຂັມມຸດປັກຂາ 4 ຂາໄວ້
- ຮ່າຍນ້ຳຟອກໂມນທີ່ປຸງແຕ່ງແລ້ວລົງໃສ່ໂຖແກ້ວ/ໂຖຢາງທີ່ມີຝາອັດ
- ນຳກົບທີ່ປັກໃສ່ແຜ່ນຢາງນັ້ນລົງໃສ່ໃນໂຖທີ່ມີນ້ຳ+ຟອກໂມນ ນ້ຳທີ່ກຽມໄວ້ ແລ້ວອັດຝາໄວ້ໃຫ້ແຈບ
- ຂຽນສະຕິກເກີ້(ວັນ,ເດືອນ, ປີ ຜູ້ຕັດ, ຊື່ສັດທີ່ຜູ້ຕັດ, ສະຖານທີ່ນຳສັດມາ, ແລະ ຂໍ້ມູນອື່ນໆກ່ຽວກັບສັດດັ່ງກ່າວ ທີ່ຈຳເປັນ) ແລະ ຕິດໃສ່ໂຖດັ່ງກ່າວ
- ນຳມາສັງເກດ
- ນຳໄປເກັບໄວ້ໃນບ່ອນທີ່ເໝາະສົມ

○ ຜົນການປະຕິບັດ

.....
.....
.....
.....
.....
.....

**ຮ່າງບົດລາຍງານ
ການທົດລອງຊີວະສາດ
ບົດທີ ...**

(ເລື່ອງ.....)

ຊື່ ແລະ ນາມສະກຸນ ຜູ້ທົດລອງ.....

1. ຈຸດປະສົງ

-
-

2. ທິດສະດີ

.....
.....

3. ອຸປະກອນ ແລະ ທາດເຄມີ ທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງ

- ອຸປະກອນ

.....

- ທາດເຄມີ

.....

4. ຂັ້ນຕອນ/ວິທີປະຕິບັດ

.....
.....
.....

5. ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ

ເນື້ອໃນສະຫຼຸບຜົນ

.....
.....
.....

ແຕ້ມຮູບ/ຮູບຖ່າຍ

.....
.....

6. ຕອບຄໍາຖາມທ້າຍບົດ

- 1.....
- 2.....

ພາກເພີ່ມເຕີມ

ທິດສະດີພື້ນຖານການເຮັດວຽກໃນຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ

ບົດທີ 1

ພາກສະເໜີ

I. ຊີວະວິທະຍາ

ຊີວະວິທະຍາເປັນວິຊາທີ່ສຶກສາກ່ຽວກັບສິ່ງມີຊີວິດ, ຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງປະຊາກອນສິ່ງມີຊີວິດ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ, ສຶກສາເຖິງຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງສິ່ງມີຊີວິດກຸ່ມຕ່າງໆ, ສຶກສາລັກສະນະຮູບຮ່າງ, ການດຳລົງຊີວິດ ແລະ ການຈັດຈຳແນກສິ່ງມີຊີວິດ ແຕ່ລະດັບຍ່ອຍລົງມາ ເຊັ່ນ: ການສຶກສາອົງປະກອບຂອງສິ່ງມີຊີວິດໄດ້ແກ່ ຈຸລັງ, ແພຈຸລັງ, ອະ

ໄວຍະວະ, ໂຄງສ້າງ ແລະ ໜ້າທີ່ການເຮັດວຽກຂອງລະບົບໃນຮ່າງກາຍ ຈົນເຖິງລະດັບປະຊາກອນ, ນິເວດວິທະຍາ ແລະ ລະດັບຊີວະໂລກ.

ນອກຈາກນີ້ຊີວະວິທະຍາຍັງຄວບຄຸມເຖິງ ການສຶກສາກ່ຽວກັບສິ່ງມີຊີວິດໃນລະດັບໂມເລກຸນ ອະຕອມທີ່ເປັນອົງປະກອບທາງເຄມີຂອງຈຸລັງເຊັ່ນ: ໂມເລກຸນດີເອັນເອ (DNA), ອາເອັນເອ (RNA), ໂມເລກຸນຂອງທາດ ແລະ ອະຕອມຂອງທາດຕ່າງໆ ທີ່ພົບໃນສິ່ງມີຊີວິດລວມເຖິງການສຶກສາເລື່ອງປະຕິກິລິຍາເຄມີ ແລະ ພະລັງງານ ທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຮ່າງກາຍສິ່ງມີຊີວິດອີກດ້ວຍຈະເຫັນໄດ້ວ່າຊີວະວິທະຍານັ້ນກ່ຽວຂ້ອງກັບຄວາມຮູ້ຕ່າງໆຫຼາຍສາຂາ ທັງທາງດ້ານເຄມີ, ຟີຊິກ, ຄະນິດສາດ ແລະ ຄອມພິວເຕີທີ່ສາມາດປະຍຸກນຳມາໃຊ້ອະທິບາຍ ຫຼື ຈາລອງຄວາມເປັນໄປຂອງສິ່ງມີຊີວິດທັງຫຼາຍເພື່ອຕອບບັນຫາຕ່າງໆທີ່ມະນຸດສົງໄສກ່ຽວກັບສິ່ງມີຊີວິດໄດ້.

ຊີວະວິທະຍາມີຄວາມສຳຄັນຕໍ່ຊີວິດຄວາມເປັນຢູ່ຂອງມະນຸດທັງໂດຍທາງກົງ ແລະ ທາງອ້ອມຢ່າງຫລວງຫຼາຍເຊັ່ນ:

1. ດ້ານໂພຊະນາການ ເຮົາສາມາດນຳເອົາຄວາມຮູ້ທາງຊີວະວິທະຍາໄປໃຊ້ປະໂຫຍດໃນທາງໂພຊະນາການເຊັ່ນ: ການເລືອກຊະນິດຂອງອາຫານ, ການບໍລິໂພກອາຫານໃຫ້ຖືກຕ້ອງນຳຄວາມຮູ້ທາງຊີວະວິທະຍາໄປໃຊ້ເພີ່ມຜົນຜະລິດອາຫານໃນທາງການກະເສດໂດຍການປັບປຸງພັນພືດ ແລະ ສັດ ໂດຍອາໄສຄວາມຮູ້ໃນສາຂາກຳມະພັນວິທະຍາ, ຊີວະ - ເຄມີ, ໂພຊະນາການ ແລະ ອື່ນໆ
2. ດ້ານການແພດ ແລະ ສາທາລະນະສຸກ ກ່ຽວກັບການດູແລຮັກສາຮ່າງກາຍການປ້ອງກັນພະຍາດ ແລະ ການປິ່ນປົວພະຍາດ ເຊິ່ງຊີວະວິທະຍາເປັນພື້ນຖານສຳຄັນໃນທາງແພດສາດ ແລະ ສາທາລະນະສຸກ
3. ການຄວບຄຸມສັດຕູພືດແລະສັດ ໂດຍອາໄສຄວາມຮູ້ທາງຊີວະວິທະຍາໃນສາຂາອະນຸກົມວິຖານ, ນິເວດວິທະຍາ ໂດຍສະເພາະການຄວບຄຸມ, ສັດຕູພືດ ແລະ ສັດໂດຍວິທີທາງຊີວະວິທະຍາ (Biological Control)
4. ການອະນຸລັກຊັບພະຍາກອນທຳມະຊາດ ແລະ ການປ້ອງກັນມົນພາວະຂອງສິ່ງແວດລ້ອມໝາຍເຖິງການໃຊ້ຊັບພະຍາກອນໃຫ້ຄຸ້ມຄ່າ ແລະ ໃຊ້ໄດ້ດົນໂດຍບໍ່ເປັນອັນຕະລາຍຕໍ່ສິ່ງແວດລ້ອມ.
5. ການພັດທະນາປະເທດໃນທຸກໆດ້ານ ໂດຍສະເພາະດ້ານເສດຖະກິດທີ່ໃຊ້ບໍລິໂພກ ແລະ ສິ່ງເປັນສິນຄ້າອອກການໃຊ້ພະລັງງານທົດແທນເຊັ່ນ: ຂີ້ສັດ, ຊາກສັດ ໃຊ້ຜະລິດກຳສຸຂີວະພາບ, ອ້ອຍ ແລະ ມັນຕົ້ນໃຊ້ຜະລິດເຫຼົ້າ ສິ່ງເຫຼົ່ານີ້ຕ້ອງໃຊ້ຄວາມຮູ້ພື້ນຖານທາງຊີວະວິທະຍາຮ່ວມກັນເປັນຢ່າງຫຼາຍ.

ການຈັດແບ່ງທັງ 5 ອານາຈັກ ແມ່ນໄດ້ອີງໃສ່ 6 ມາດຖານຂອງການຈັດແບ່ງ ຄາໂຣລັດລິນເນຍ (Carolus Linnaeus) ດັ່ງນີ້:

1. ລັກສະນະໂຄງສ້າງພາຍນອກ-ພາຍໃນ.
2. ແບບແຜນການຈະເລີນເຕີບໂຕ ແລະ ໂຄງສ້າງໄລຍະຕົວອ່ອນ
3. ຊາກດຶກດຳບັນຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດທີ່ຄົ້ນພົບ.
4. ໂຄງສ້າງຂອງຈຸລັງ ແລະ ອະນຸອົງປະກອບຂອງຈຸລັງ.
5. ສະລິລະວິທະຍາ ແລະ ການສັງເກດທາດເຄມີ.
6. ລັກສະນະກຳມະພັນຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດ.

ບົດທີ2

ອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງມືໃນຫ້ອງທົດລອງຊີວະສາດ

1. ເຄື່ອງມືການຜ່າຕັດ (Dissection tools)

ການຜ່າຕັດ ໝາຍເຖິງ “ການປາດ ຫຼື ຕັດສິ້ນສ່ວນໃດໜຶ່ງ” ຕົວຢ່າງເຊັ່ນ: ການຜ່າຕັດສັດ ເພື່ອສຶກສາກ່ຽວກັບອະໄວຍະວະ ແລະ ລະບົບອະໄວຍະວະ ເຊິ່ງມັນເປັນທັກສະທີ່ຈຳເປັນສຳລັບນັກຮຽນ ນັກສຶກສາຊີວະສາດ ແລະ ທັກສະ

ເຫຼົ່ານີ້ຈະກາຍເປັນຄວາມຮູ້ທີ່ນຳໄປສູ່ຄວາມຊຳນິຊຳນານ ຫຼື ຄວາມເປັນມືອາຊີບເພື່ອນຳໃຊ້ເຂົ້າໃນການຜ່າຕັດມະນຸດ ອັນຕ້ອງນຳໃຊ້ເຕັກນິກອັນລະອຽດເພື່ອສຶກສາອະໄວຍະວະພາຍໃນ, ການຈັດການ, ຕຳແໜ່ງ ແລະ ຄວາມສຳພັນ ລະຫວ່າງພາກສ່ວນຕ່າງໆ.

ການຝຶກການຜ່າຕັດຂີ້ກະເດືອນ, ແມງສາບ, ກົບ, ປາ, ໝູ, ກະຕ່າຍ, ກະຮອກ... ເປັນວິທີການດຳເນີນການເພື່ອ ສຶກສາໂຄງສ້າງຂອງລະບົບອະໄວຍະວະພາຍນອກ ແລະ ພາຍໃນ.

ຊຸດຜ່າຕັດເປັນສິ່ງທີ່ຈຳເປັນສຳລັບການຜ່າຕັດ ເຊິ່ງປະກອບມີອຸປະກອນຫຼາຍຢ່າງ ດັ່ງນີ້:

- 1) ເຂັມເຂັຍປາຍແຫຼມ (Sharp End Needle)
- 2) ເຂັມເຂັຍປາຍປຸ້ (Needle)
- 3) ບັນທັດ (Ruler)
- 4) ມືດ (Scalpel)
- 5) ມືດລາມ (Razor)
- 6) ມືດຕັດປາຍແຫຼມ (Sharp End Scissor)
- 7) ມືດຕັດປາຍປຸ້ (Large Scissor)
- 8) ຫຼອດດູດ (Dropper)
- 9) ເຫຼັກຄີບປາຍຊີ້ (Small Forceps)
- 10) ເຫຼັກຄີບປາຍໂຄງ (Forceps)
- 11) ຝອຍ (Brush)
- 12) ແວ່ນຂະຫຍາຍ (Watch glass)
- 13) ເຂັມຫຍິບ (Pin)
- 14) ແຜ່ນສະໄລດ໌ (Plain slide)
- 15) ແຜ່ນລາແມນ (Cover slide)

2. ອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງມືທາງເຄມີ

- 1) ທາດຮັກສາສີ (Fixative)

ທາດຮັກສາສີ ຫຼື ຢາກັນບໍ່ໃຫ້ສີຕົກ ເປັນທາດເຄມີທີ່ໃຊ້ເພື່ອຂ້າ, ທາ, ປະສົມຕົວຢ່າງແພພິດ ແລະ ແພສັດເພື່ອ ຮັກສາສີຕາມຮູບຮ່າງລັກສະນະ, ຂະໜາດ ໃຫ້ຄົງສະພາບເດີມ.

- 2) ທາດຮັກສາ (Preservation)

ທາດເຫຼົ່ານີ້ເປັນທາດເຄມີທີ່ໃຊ້ເພື່ອຮັກສາ ແລະ ຍັບຢັ້ງ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງອົງປະກອບຂອງຈຸລັງ ທັງນີ້ກໍ່ ເພື່ອເຮັດໃຫ້ຢ່າງທີ່ເກັບມາຢູ່ໃນຮູບຮ່າງເກົ່າ.

- 3) ທາດຍ້ອມສີ (Stain)

ທາດຍ້ອມສີ ເປັນວັດຖຸທີ່ມີສີ ໃຊ້ເພື່ອທາໃຫ້ຈຸລັງ ແລະ ແພຈຸລັງແຫ້ງ ສຳລັບການນຳໄປສຶກສາລາຍລະອຽດຕໍ່ ໄປ.

- 4) ທາດລະລາຍ (Solution)

ທາດລະລາຍລວມທັງທາດດຽວ ແລະ ທາດປະສົມທີ່ມີປະລິມານທີ່ສຳພັນ

3. ເຄື່ອງແກ້ວ

ຂວດວັດແທກບໍລິມາດ ເປັນເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ກຽມທາດລະລາຍມາດຕະຖານ ຫຼື ທາດລະລາຍທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມ ຊຸ້ນນ້ອຍກວ່າທາດລະລາຍເດີມໄດ້, ຂວດວັດແທກບໍລິມາດມີຫຼາຍຂະໜາດ ແລະ ມີຄວາມບັນຈຸຕ່າງກັນເຊັ່ນ ຂະ

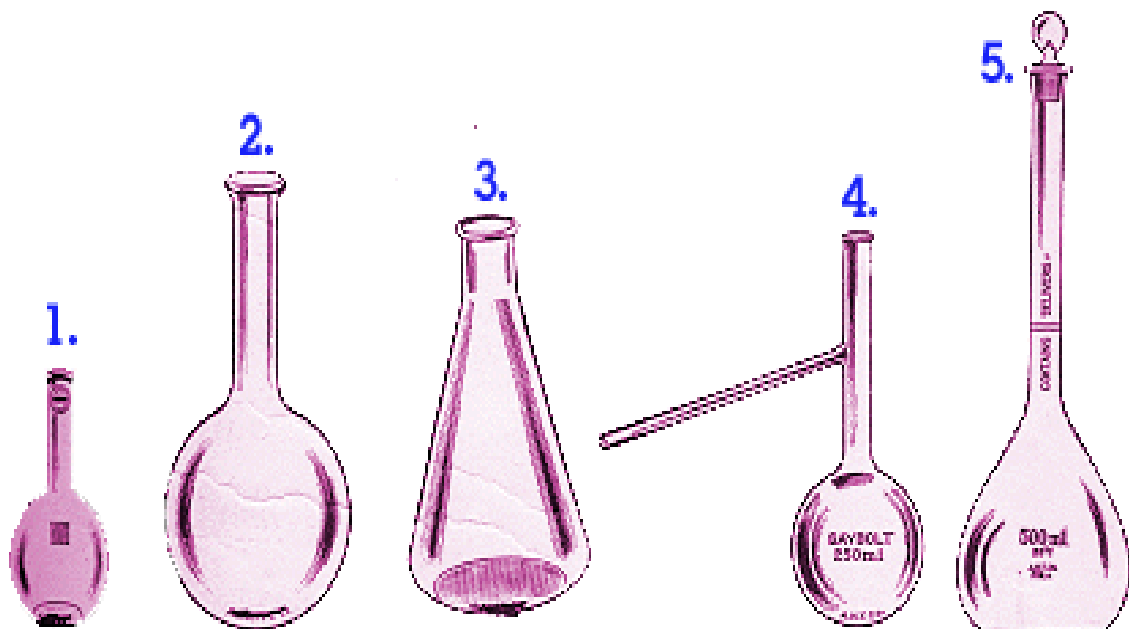
ໜາດ 50 ມລ. 100 ມລ. 250 ມລ. 500 ມລ. 1,000 ມລ. ແລະ 2,000 ມລ. ເປັນຕົ້ນ ແບ່ງຕາມຮູບຮ່າງແລະ ລັກສະນະການໃຊ້ໄດ້ດັ່ງຕໍ່ໄປນີ້:

1) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດຟລໍເຣນສ໌ (Florence Flask) ຫຼື ຮຽກວ່າ Flat Bottomed Flask ມີລັກສະນະ ຄ້າຍລູກບານລຸນ ມັກຈະໃຊ້ສໍາລັບຕົ້ມນໍ້າ, ກຽມກົາສ ແລະ ເປັນ wash bottle.

2) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດກົ້ນກົມ (Round Bottom Flask) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດຊະນິດນີ້ມີລັກສະນະ ຄືກັບ Florence Flask ແຕ່ກົ້ນຂວດຈະມີລັກສະນະກົມເຮັດໃຫ້ບໍ່ສາມາດຕັ້ງໄດ້.

3) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດຮູບຈວຍ (Erlenmeyer flask ຫຼື Conical Flask) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດ ຊະນິດນີ້ມີລັກສະນະເປັນຮູບຈວຍ ແລະ ມີຄວາມບັນຈຸຂະໜາດຕ່າງກັນ ແຕ່ທີ່ນິຍົມໃຊ້ກັນຫຼາຍມີຄວາມບັນຈຸເປັນ 250 - 500 ມລ. ສາມາດໃຊ້ໄດ້ໃນຫຼາຍກໍລະນີເຊັ່ນ ໃນການໄຕເຕຣດ.

4) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດກັ້ນ (Distilling Flask) ຂວດວັດແທກບໍລິມາດຊະນິດນີ້ນິຍົມໃຊ້ໃນການກັ່ນ ທາດແຫຼວ.



5) Volumetric Flask ຂວດວັດແທກບໍລິມາດຊະນິດນີ້ມີລັກສະນະເປັນຂວດຄໍາວທີ່ມີຂີດບອກບໍລິມາດ ເທິງຄໍຂວດພຽງຂີດດຽວ ນິຍົມໃຊ້ໃນການກຽມທາດລະລາຍ, ໂດຍທົ່ວໄປຈະນໍາທາດນັ້ນມາລະລາຍໃນບົກເກີ ກ່ອນທີ່ຈະຖອກລົງໃນຂວດວັດແທກບໍລິມາດໂດຍໃຊ້ຈວຍຕອງ ແລ້ວຖອກນໍ້າລ້າງບົກເກີຫຼາຍໆ ເທື່ອດ້ວຍທາດ ພາລະລາຍແລ້ວຖອກລົງໃນຈວຍຕອງ ເພື່ອລ້າງທາດທີ່ຕິດຢູ່ໃຫ້ລົງໃນຂວດໃຫ້ຈົນໝົດ, ຢ່າໃຫ້ທາດລະລາຍໃນ volumetric flask ມີເກີນ 2 ໃນ 3 ຂອງບໍລິມາດທັງໝົດຖອກທາດພາລະລາຍລົງໃນຂວດໂດຍຜ່ານຈວຍອີກ ເພື່ອເປັນການລ້າງຈວຍ ຈົນຂວດມີບໍລິມາດເຖິງຂີດບອກບໍລິມາດ.

3.1 ການກະກຽມທາດລະລາຍໂດຍໃຊ້ຂວດວັດແທກບໍລິມາດມີເທັກນິກການປະຕິບັດດັ່ງ ນີ້

- ລະລາຍທາດໃນຂວດວັດແທກບໍລິມາດໃຫ້ມີບໍລິມາດປະມານ 3/4 ຂອງຂວດ ປິດດອນຂວດແລ້ວໝູນຂວດ ວັດແທກບໍລິມາດດ້ວຍຂໍ້ມືໃຫ້ທາດລະລາຍໄຫຼໄປທາງດຽວກັນ ເພື່ອໃຫ້ທາດໃນຂວດລະລາຍຈົນໝົດ (ໃນກໍລະນີ ທີ່ທາດເປັນທາດແຂງ) ຫຼື ໃຫ້ທາດປະສົມເປັນເນື້ອດຽວກັນ (ໃນກໍລະນີທີ່ທາດເປັນທາດແຫຼວ) ຄວນຈັບທີ່ຄໍຂວດ

ວັດແທກບໍລິມາດ ຢ່າຈັບທີ່ຕົວຂວດວັດແທກບໍລິມາດເພາະຈະເຮັດໃຫ້ທາດລະລາຍອຸ່ນຂຶ້ນເນື່ອງຈາກຄວາມຮ້ອນໃນມື.

- ຕື່ມທາດພາລະລາຍລົງໃນຂວດວັດແທກບໍລິມາດໃຫ້ສ່ວນໂຄ້ງວ້າຕໍ່າສຸດຂອງທາດລະລາຍຢູ່ຂີດບອກບໍລິມາດ, ການອ່ານບໍລິມາດຕ້ອງໃຫ້ລະດັບສາຍຕາຢູ່ໃນລະດັບດຽວກັນກັບຂີດບອກບໍລິມາດ ເພື່ອປ້ອງກັນການອ່ານບໍລິມາດຜິດ.

- ປິດດອນຂວດວັດແທກບໍລິມາດແລ້ວຂວ້າຂວດຈາກເທິງລົງລຸ່ມ ເຮັດແບບນີ້ 2 - 3 ເທື່ອ ເພື່ອໃຫ້ທາດລະລາຍປະສົມເປັນເນື້ອດຽວກັນ ແລະ ມີເນື້ອທາດເທົ່າທຽມກັນທຸກສ່ວນ.

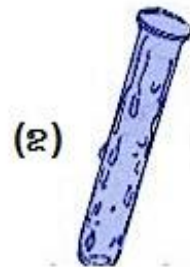
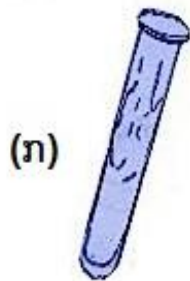
- ຈາກຂໍ້ 3 ກັບຂວດວັດແທກບໍລິມາດໃຫ້ຢູ່ໃນລັກສະນະເດີມ ແລ້ວຈັບຄໍຂວດໝູນໄປມາປະມານ 3 ຮອບ ເຮັດຊ້ຳຈົນແນ່ໃຈວ່າທາດລະລາຍປະສົມເປັນເນື້ອດຽວກັນ.

3.2 ເທັກນິກການລ້າງເຄື່ອງແກ້ວທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງ

ເຄື່ອງແກ້ວ ທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງຈຳເປັນຈະຕ້ອງລ້າງໃຫ້ສະອາດສະເໝີ ບໍ່ດັ່ງນັ້ນຈະເຮັດໃຫ້ຜົນການທົດລອງຜິດພາດ ຫຼື ຄາດເຄື່ອນໄປຈາກຄວາມເປັນຈິງໄດ້ ຫຼັກການທົ່ວໄປຂອງການລ້າງເຄື່ອງແກ້ວທີ່ໃຊ້ໃນການທົດລອງມີດັ່ງນີ້

- ຕ້ອງເຮັດຄວາມສະອາດເຄື່ອງແກ້ວນັ້ນທັນທີພາຍຫຼັງຈາກນຳໄປໃຊ້ວຽກແລ້ວ ເພື່ອໃຫ້ເຄື່ອງແກ້ວແຫ້ງກ່ອນທີ່ຈະນຳໄປໃຊ້ວຽກໃນເທື່ອຕໍ່ໄປຫາກເຄື່ອງແກ້ວເປີເປື້ອນຈຳເປັນຈະຕ້ອງລ້າງກ່ອນການທົດລອງເຮັດໃຫ້ເສຍເວລາ ເພາະບໍ່ສາມາດຈະລ້າງໄດ້ຢ່າງທັນທີທັນໃດໄດ້.

- ການເຮັດຄວາມສະອາດເຄື່ອງແກ້ວ ຕ້ອງເຮັດດ້ວຍຄວາມລະມັດລະວັງໂດຍສະເພາະຢ່າງຍິ່ງເຄື່ອງແກ້ວທີ່ມີລັກສະນະເປັນກ້ານຍາວ ເຊັ່ນ: ຂວດວັດແທກບໍລິມາດ, ປິແປດ, ປິວເຣດ ແລະ ອື່ນໆ.



(ກ) ລັກສະນະຂອງເຄື່ອງແກ້ວທີ່ລ້າງສະອາດແລ້ວ ນ້ຳທີ່ຟື້ນຜິວເຄື່ອງແກ້ວຈະລຽບ

(ຂ) ເຄື່ອງແກ້ວທີ່ບໍ່ສະອາດຈະມີຢອດນ້ຳເກາະ

- ຕາມປົກກະຕິການລ້າງເຄື່ອງແກ້ວມັກຈະໃຊ້ສະບູ ຫຼື ທາດລະລາຍເຮັດຄວາມສະອາດ. ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງ
- ຕ້ອງລ້າງດ້ວຍສະບູ, ໃຊ້ທາດລະລາຍເຮັດຄວາມສະອາດອອກໃຫ້ໝົດເພາະຫາກມີເຫຼືອຕົກຄ້າງຢູ່ອາດໄປລົບກວນປະຕິກິລິຍາເຄມີໄດ້.

- ການລ້າງເຄື່ອງແກ້ວທີ່ໃຊ້ໃນຫ້ອງທົດລອງທົ່ວໄປ ປົກກະຕິຈະລ້າງດ້ວຍແປງໂດຍໃຊ້ສະບູ, ທາດລະລາຍເຮັດຄວາມສະອາດດັ່ງໄດ້ກ່າວມາແລ້ວ, ແລ້ວແຕ່ກໍລະນີ ຕໍ່ຈາກນັ້ນກໍລ້າງດ້ວຍນ້ຳສະອາດ ແລະ ໃນຂັ້ນສຸດທ້າຍຕ້ອງລ້າງດ້ວຍນ້ຳກັນອີກ 1 - 2 ເທື່ອ ຖ້າເຄື່ອງແກ້ວນັ້ນສະອາດຈະສົ່ງເກດເຫັນນ້ຳທີ່ຟື້ນຜິວເຄື່ອງແກ້ວປຽກສະໝໍ່າສະເໝີເປັນແບບດຽວກັນ, ແຕ່ຖ້າເຄື່ອງແກ້ວຍັງບໍ່ສະອາດຈະສົ່ງເກດເຫັນເປັນຢອດນ້ຳມາເກາະຂ້າງເຄື່ອງແກ້ວນັ້ນ.

- ການໃຊ້ແປງລ້າງເຄື່ອງແກ້ວຕ້ອງລະມັດລະວັງໃຫ້ຫຼາຍ ເພາະການແປງເປັນໂລຫະອາດເຮັດໃຫ້ເຄື່ອງແກ້ວນັ້ນແຕກໄດ້ແປງລ້າງເຄື່ອງແກ້ວມີຫຼາຍຊະນິດຫຼາຍຂະໜາດ ຈະຕ້ອງເລືອກໃຊ້ໃຫ້ເໝາະສົມກັບລັກສະນະຂອງເຄື່ອງແກ້ວນັ້ນໆດ້ວຍ.



(ລັກສະນະຂອງແປງແບບຕ່າງໆທີ່ໃຊ້ລ້າງເຄື່ອງແກ້ວ)

❖ ຂໍ້ຄວນລະວັງ

ການລ້າງເຄື່ອງແກ້ວໂດຍໃຊ້ແປງຢ່າງຖືກແຮງເກີນໄປເນື່ອງຈາກການແປງເປັນໂລຫະເມື່ອໄປກະທົບກັບແກ້ວອາດເຮັດໃຫ້ແຕກ ແລະ ເກີດອັນຕະລາຍໄດ້.

ບົດທີ3

ວິທີສອນ

ນິຍາມວິທີສອນ

- ✍ ວິທີການຕ່າງໆ ທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນການສອນ ເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ ວິທີແຕ່ລະວິທີມີວັດຖຸປະສົງ ແລະ ລັກສະນະເດັ່ນເປັນເອກະລັກແຕກຕ່າງກັນ
- ✍ ລັກສະນະເດັ່ນຂອງແຕ່ລະວິທີກໍ່ຄືລັກສະນະທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້ຂອງວິທີນັ້ນ ຫາກຂາດໄປກໍ່ຈະເຮັດໃຫ້ບໍ່ໃຊ້ວິທີນັ້ນອີກຕໍ່ໄປເຊັ່ນ: ລັກສະນະສະເພາະຂອງວິທີສອນແບບສາທິດກໍ່ຄື ການສະແດງ/ການເຮັດໃຫ້ເບິ່ງ ຫາກບໍ່ມີການເຮັດໃຫ້ເບິ່ງ ກໍ່ຈະບໍ່ແມ່ນວິທີສອນແບບສາທິດ
- ✍ ວິທີແຕ່ລະວິທີ ມີຈຸດປະສົງສະເພາະຄື: ເປັນວິທີທີ່ຈະຊ່ວຍໃຫ້ເກີດຜົນສະເພາະບາງປະການຈາກການໃຊ້ວິທີນັ້ນເຊັ່ນ: ຈຸດປະສົງຂອງວິທີສອນແບບສາທິດ ກໍ່ຄືຊ່ວຍໃຫ້ນັກຮຽນໄດ້ປະຕິບັດຕົວຈິງ ເຮັດໃຫ້ຕາມພາບ ເຮັດໃຫ້ເຫັນພາບ ເຮັດໃຫ້ເກີດ ຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈຳເລື່ອງທີ່ເຫັນຈາກການສາທິດໄດ້ດີ.

- ✍ ການເລືອກໃຊ້ວິທີສອນຈຶ່ງຕ້ອງພິຈາລະນາວ່າ ວິທີນັ້ນມີຈຸດປະສົງ ຄືຈະຊ່ວຍໃຫ້ເກີດຜົນອັນໃດ ສອດຄ່ອງກັບຈຸດປະສົງໃນການສອນບົດຮຽນທີ່ຕ້ອງການຫຼືບໍ່.

ວິທີສອນແບບຕ່າງໆ

1. ບັນຍາຍ(Lecture)
2. ສາທິດ (Demonstration)
3. ທັດສະນະສຶກສາ(Field trip)
4. ສົນທະນາແບບກຸ່ມຍ່ອຍ (Small Group Discussion)
5. ລະຄອນ (Dramatization)
6. ບົດບາດສົມມຸດ (Role Playing)
7. ກໍລະນີຕົວຢ່າງ (Case)
8. ເກມ (Game)
9. ສ້າງສະຖານະການຈຳລອງ (Simulation)
10. ວິໄນ(Deduction)
11. ອຸປະໄນ(Induction)
12. ສູນການຮຽນ (Learning Center)
13. ບົດຮຽນແບບໂປຼແກມ (Programmed Instruction)
14. ແລະ ອື່ນໆ

ການສອນມີຫຼາຍວິທີທີ່ແຕກຕ່າງກັນໂດຍເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບຄວາມຮູ້ດ້ວຍສອງຮູບແບບຄືຄູເປັນໃຈກາງ ແລະ ນັກຮຽນເປັນໃຈກາງ.

ກ. ການສອນແບບຄູເປັນໃຈກາງ

ການສອນແບບຄູເປັນໃຈກາງປະກອບມີບັນລະຍາຍ, ສາທິດ ແລະ ທົບທວນ

1. ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການບັນຍາຍ (Lecture)

ເປັນວິທີການສອນທີ່ອາໄສຄວາມສາມາດຂອງຜູ້ສອນໃນການຮຽບຮຽງເນື້ອໃນບົດຮຽນ ແລະ ການໃຊ້ເທັກນິກໃນການຖ່າຍທອດເນື້ອຫາສາລະເພື່ອໃຫ້ມີຄວາມສົນໃຈ.

1.1 ຄວມໝາຍຂອງວິທີການບັນຍາຍ

ວິທີການສອນໂດຍໃຊ້ການບັນຍາຍແມ່ນຂະບວນການທີ່ຜູ້ໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ດ້ານຈຸດປະສົງທີ່ກຳນົດໂດຍການເວົ້າ, ບອກ, ເລົ່າ ອະທິບາຍ ສິ່ງທີ່ຕ້ອງການສອນແກ່ຜູ້ຮຽນໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຖາມ ແລ້ວປະເມີນການຮຽນຮູ້ຂອງຜູ້ຮຽນດ້ວຍວິທີໃດໜຶ່ງ.

1.2 ຈຸດປະສົງຂອງວິທີສອນແບບບັນຍາຍ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການບັນຍາຍ ເປັນວິທີການທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນຈຳນວນຫຼາຍໄດ້ຮຽນຮູ້ເນື້ອໃນບົດຮຽນພ້ອມໆກັນໄດ້ໃນເວລາທີ່ຈຳກັດ.

1.3 ອົງປະກອບທີ່ສຳຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນແບບບັນຍາຍ

- ມີເນື້ອຫາສາລະ ຫຼື ເນື້ອໃນຄວາມຮູ້ ທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮຽນຮູ້
- ມີການບັນຍາຍ (ເວົ້າ , ບອກ , ເລົ່າ , ອະທິບາຍ)
- ມີຜົນການຮຽນຂອງຜູ້ຮຽນທີ່ເກີດຈາກການບັນຍາຍ

1.4 ຂັ້ນຕອນສໍາຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງການສອນ

- ຜູ້ສອນກຽມເນື້ອໃນບົດຮຽນທີ່ຈະບັນຍາຍ
- ຜູ້ສອນບັນຍາຍ (ເວົ້າ , ບອກ , ເລົ່າ , ອະທິບາຍ) ເນື້ອໃນບົດຮຽນທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮຽນຮູ້
- ຜູ້ສອນເປີດໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຖາມ ແລະ ປະເມີນຜົນການຮຽນຂອງຜູ້ຮຽນ

1.5 ເທັກນິກ ແລະ ຂໍ້ສະເໜີແນະຕ່າງໆໃນການໃຊ້ວິທີສອນໂດຍການໃຊ້ການບັນຍາຍໃຫ້ມີປະສິດທິພາບ

ກ. ການກຽມການບັນຍາຍ

ການບັນຍາຍທີ່ດີຕ້ອງອາໄສການກະກຽມທີ່ດີ ຜູ້ສອນຈຳເປັນຕ້ອງສຶກສາເນື້ອໃນບົດຮຽນທີ່ຈະບັນຍາຍໃຫ້ຈະແຈ້ງຫາກເຫັນວ່າມີຈຸດໃດຈຸດໜຶ່ງທີ່ຕົນເອງຍັງບໍ່ທັນເຂົ້າໃຈ ຫຼື ມີຂໍ້ສົງໄສ ຄວນສຶກສາຄືນຄວ້າໃຫ້ເຂົ້າໃຈກ່ອນ ຈາກນັ້ນໃຫ້ຄັດເລືອກວ່າເນື້ອໃນບົດຮຽນໃດມີຄວາມຈຳເປັນ ຫຼື ມີປະໂຫຍດຕໍ່ຜູ້ຮຽນຂອງຕົນເອງຫຼາຍປານໃດເນື້ອໃນໃດບໍ່ຈຳເປັນອາດຈະຄັດອອກ ຕໍ່ໄປຄວນຈັດລຳດັບເນື້ອໃນບົດຮຽນວ່າສິ່ງໃດຄວນເວົ້າກ່ອນ, ເວົ້າຫຼັງ ແລະ ຈະເຊື່ອມໂຍງກັນແນວໃດ ໃນເນື້ອໃນບົດຮຽນແຕ່ລະສ່ວນ. ມີສ່ວນໃດທີ່ຍັງຂັດຂ້ອງ ຄວນຫາຕົວຢ່າງມາປະກອບໃສ່ ຫຼື ຄວນໃຊ້ສີ່ໃດຊ່ວຍ ແລະ ຄວນຫາເທັກນິກໃນການນຳສະເໜີບົດຮຽນແຕ່ລະສ່ວນໃຫ້ໜ້າສົນໃຈ, ທ້າທາຍຄວາມຄິດ ແລະ ເຂົ້າໃຈໄດ້ງ່າຍ ເຊິ່ງອາດຈະເປັນການໃຊ້ຄຳຖາມທີ່ກະຕຸ້ນ ຫຼື ກ່ອນເລົ່າປະສົບການແບບໃໝ່ ຫຼື ນຳສະເໜີບັນຫາທີ່ທ້າທາຍຄວາມຄິດ. ກ່ອນການບັນຍາຍຜູ້ສອນຄວນມີໂຄງຮ່າງ(outline) ສຳລັບການບັນຍາຍ ແລະ ມີເອກະສານປະກອບບັນຍາຍໃຫ້ແກ່ຜູ້ຮຽນ.

ຂ. ການບັນຍາຍ

ເມື່ອເລີ່ມການບັນຍາຍຜູ້ບັນຍາຍຄວນເບິ່ງຄວາມສົນໃຈຂອງຜູ້ຮຽນ ແລະ ພະຍາຍາມຮັກສາຄວາມສົນໃຈນັ້ນໃຫ້ຄົງທີ່ຕະຫຼອດການບັນຍາຍ ດ້ວຍເທັກນິກຕ່າງໆເຊັ່ນ:

- ການໃຊ້ບັນຫາເປັນສິ່ງໃຫ້ນັກຮຽນເບິ່ງເຊັ່ນ: ໃຊ້ຂ່າວເຫດການສໍາຄັນ ແລະ ກໍລະນີຕົວຢ່າງຕ່າງໆ.
- ການໃຊ້ການທົດລອງກ່ອນການຮຽນ ແລະ ຫຼັງຮຽນເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ເຫັນຄວາມສາມາດຂອງໂຕເອງໃນເລື່ອງນັ້ນ
- ການໃຊ້ສີ່ປະກອບເຊັ່ນ: ການໃຊ້ແຜ່ນໄສ, ຮູບພາບສະໄລ, ເທັບສຽງ, ວິດີໂອ, ສາລະຄະດີ ແລະ ຄອມຜິວເຕີເປັນຕົ້ນ.
- ການໃຊ້ການຖາມປະກອບການບັນຍາຍ
- ການໃຊ້ກົດຈະກຳປະກອບການບັນຍາຍເຊັ່ນ: ການອະພິປາຍແບບກຸ່ມຍ່ອຍ, ການສາທິດ, ການສະແດງບົດບາດສົມມຸດ, ການຫຼິ້ນເກມ ແລະ ການທົດລອງປະຕິບັດເປັນຕົ້ນ.
- ການຍົກຕົວຢ່າງປະກອບການອະທິບາຍ
- ການໃຊ້ອາລົມຂັ້ນ/ອາລົມສົນທະລີ
- ການເປີດໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຟັງຖາມ ແລະ ສະແດງຄວາມຄິດເຫັນ

ຄ. ການອະພິປາຍຖາມ ແລະ ການປະເມີນຜົນການຮຽນຮູ້ຂອງຜູ້ຮຽນ

ກ່ອນຢຸດການບັນຍາຍຜູ້ບັນຍາຍຄວນສະຫຼຸບເນື້ອໃນສໍາຄັນຂອງການບັນຍາຍ ແລະ ຄວນເປີດໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຖາມ ຫຼື ອະທິບາຍແລກປ່ຽນຄວາມຄິດເຫັນຕໍ່ຈາກນັ້ນຄວນມີການທົດສອບການຮຽນຂອງຜູ້ຮຽນໃນເລື່ອງທີ່ບັນຍາຍດ້ວຍວິທີການຕ່າງໆເຊັ່ນ: ການຖາມຜູ້ຮຽນ ຫຼື ການໃຫ້ເຮັດແບບທົດສອບເປັນຕົ້ນ.

1.6 ຂໍ້ຄຶ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດຂອງວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການບັນຍາຍ

ກ. ຂໍ້ຄຶ

- ເປັນວິທີການທີ່ໃຊ້ເວລາໜ້ອຍເມື່ອທຽບກັບວິທີສອນແບບອື່ນໆ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ໃຊ້ກັບຜູ້ຮຽນຈຳນວນຫຼາຍໄດ້

- ເປັນວິທີສອນທີ່ສະດວກບໍ່ຍຸ້ງຍາກ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຖ່າຍທອດເນື້ອບົດຮຽນໄດ້ຫຼາຍ

ຂ. ຂໍ້ຈຳກັດ/ຂໍ້ເສຍ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ຜູ້ຮຽນມີບົດບາດນ້ອຍ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຂາດຄວາມສົນໃຈໃນການບັນຍາຍ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ອາໄສຄວາມສາມາດຂອງຜູ້ບັນຍາຍ ຖ້າຜູ້ບັນຍາຍບໍ່ມີສິລະປະໃນການບັນຍາຍທີ່ດີ ດູດໃຈຜູ້ຮຽນ ຜູ້ຮຽນອາດຂາດຄວາມສົນໃຈ ແລະ ຖ້າຜູ້ສອນຂາດການຮຽບຮຽງເນື້ອໃນບົດຮຽນຢ່າງເໝາະສົມ ຜູ້ຮຽນອາດເກີດຄວາມບໍ່ພໍໃຈ ແລະ ບໍ່ສາມາດຖາມໄດ້ (ຖ້າຜູ້ບັນຍາຍບໍ່ເປີດໂອກາດ)
- ເປັນວິທີສອນທີ່ບໍ່ສາມາດຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການ ແລະ ຄວາມແຕກຕ່າງລະຫວ່າງບຸກຄົນໄດ້

2. ທີ່ສອນໂດຍການສາທິດ (Demonstration)

ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບປະສົບການໂດຍຕົນເອງເຫັນສິ່ງທີ່ຮຽນຮູ້ເປັນຮູບປະທຳເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈົດຈຳໃນເລື່ອງທີ່ສາທິດໄດ້ດີ ແລະ ດົນ

2.1. ຄວາມໝາຍ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສາທິດຄື ຂະບວນການທີ່ຜູ້ສອນໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮູ້ດ້ານວັດຖຸປະສົງທີ່ກຳນົດໂດຍການສະແດງ ຫລື ເຮັດສິ່ງທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮຽນຮູ້, ໃຫ້ຜູ້ຮຽນສັງເກດເບິ່ງ ແລ້ວໃຫ້ຜູ້ຮຽນຖາມ, ອະທິບາຍ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້ທີ່ໄດ້ຈາກການສັງເກດການສາທິດ

2.2. ຈຸດປະສົງ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສາທິດເປັນວິທີການທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໝົດຊັ້ນໄດ້ເຫັນການປະຕິບັດຕົວຈິງດ້ວຍຕົນເອງ ເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຮູ້ຄວາມເຂົ້າໃຈໃນເລື່ອງ ຫລື ປະກົດການນັ້ນຊັດເຈນຂຶ້ນ.

2.3. ອົງປະກອບສຳຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນ

- ມີເລື່ອງ ຫຼື ສິ່ງທີ່ຈະສາທິດ
- ມີການສະແດງ, ການກະທຳໃຫ້ຜູ້ຮຽນສັງເກດເບິ່ງ
- ມີຜົນການຮຽນຂອງຜູ້ຮຽນຄື: ການອະທິບາຍ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນທີ່ໄດ້ຈາກການສາທິດ

2.4. ຂັ້ນຕອນສຳຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງການສອນແບບສາທິດ

- ຜູ້ສອນສະແດງການສາທິດ ແລະ ໃຫ້ຜູ້ຮຽນສັງເກດການສາທິດ
- ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນອະທິບາຍ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້ທີ່ໄດ້ຈາກການສາທິດ

2.5. ເທັກນິກຕ່າງໆໃນການໃຊ້ວິທີສອນໂດຍການສາທິດໃຫ້ມີປະສິດທິພາບ

1. ການກະກຽມ

ຜູ້ສອນຈຳເປັນຕ້ອງມີການກະກຽມພໍສົມຄວນ ເພື່ອໃຫ້ການຮຽນຮູ້ເປັນໄປຢ່າງສະດວກ ແລະ ສະບາຍ ການກະກຽມທີ່ສຳຄັນຄື: ຜູ້ສອນຄວນມີການຊ້ອມການສາທິດກ່ອນ ເພື່ອຈະໄດ້ເຫັນບັນຫາ ແລະ ກຽມແກ້ໄຂ ຫຼື ປ້ອງກັນ ບັນຫາທີ່ຈະເກີດຂຶ້ນຕໍ່ໄປຈຶ່ງຈັດກຽມວັດຖຸປະກອບເຄື່ອງມື ແລະ ສະຖານທີ່ຈະໃຊ້ໃນການສາທິດ ແລະ ຈັດວາງໄວ້.

2. ກ່ອນການສາທິດ

ຜູ້ສອນຄວນໃຫ້ຄວາມຮູ້ກ່ຽວກັບເລື່ອງທີ່ສາທິດແກ່ຜູ້ຮຽນຢ່າງພຽງພໍ ທີ່ຈະໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດມີຄວາມເຂົ້າໃຈໃນສິ່ງທີ່ສາທິດໄດ້ດີ ໂດຍອາດໃຊ້ວິທີການບັນຍາຍ ຫຼື ກຽມເອກະສານທີ່ໃຫ້ລາຍລະອຽດກ່ຽວກັບລຳດັບ ຂັ້ນຕອນໃຫ້ຜູ້ຮຽນ ຫຼື ໃຊ້ສີ່ເຊັ່ນ: ວິດີໂອ ຫຼື ຜູ້ສອນອາດມອບໝາຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄປສຶກສາເນື້ອຫາສາລະທີ່ຈະສາທິດມາກ່ອນ ລ່ວງໜ້າ ແລະ ຄວນໃຫ້ຄຳແນະນຳແກ່ຜູ້ຮຽນໃນການສັງເກດ ຫຼື ຈັດເຮັດແບບສັງເກດການສາທິດໃຫ້ຜູ້ຮຽນໃຊ້ໃນ

ການສັງເກດ. ນອກຈາກນັ້ນຜູ້ສອນອາດໃຊ້ເທັກນິກການມອບໝາຍໃຫ້ນັກຮຽນລາຍບຸກຄົນສັງເກດເປັນພິເສດ ສະເພາະຈຸດ ສະເພາະປະເດັນ ເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນຕັ້ງໃຈສັງເກດ ແລະ ມີສ່ວນຮ່ວມຢ່າງທົ່ວເຖິງ.

3. ການສາທິດ

ຜູ້ສອນອາດໃຊ້ວິທີການບັນຍາຍປະກອບການສາທິດ ການສາທິດຄວນດຳເນີນໄປໄດ້ຢ່າງມີລະດັບ ມີຂັ້ນ ຕອນ ໃຊ້ເວລາຢ່າງເໝາະສົມ ບໍ່ໄວເກີນໄປ ຕອນທີ່ສາທິດອາດໃຊ້ແຜ່ນພູມ, ກະດານດຳ ຫຼື ແຜ່ນໃສປະກອບ ແລະ ຄວນເປີດໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຖາມ ຫຼື ຖາມຜູ້ຮຽນເປັນໄລຍະເພື່ອກະຕຸ້ນຄວາມຄິດ ແລະ ຄວາມສົນໃຈຂອງຜູ້ຮຽນ ແລະ ໃນບາງກໍລະນີອາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນບາງຄົນມາຊ່ວຍໃນການສາທິດນຳ. ເທັກນິກການສອນແບບສາທິດອີກເທັກນິກ ໜຶ່ງຄື: ການໃຊ້ການສາທິດແບບງຽບໆເພື່ອແທນການບັນຍາຍປະກອບການສາທິດ ແລະ ອາດມີການສາທິດຊ້ຳຄືນ ອີກ ຫາກຜູ້ຮຽນຍັງບໍ່ເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈຊັດເຈນ. ນອກຈາກນັ້ນຜູ້ສອນອາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນເປັນຝ່າຍສະແດງການສາທິດ ນຳກໍໄດ້, ໃນກໍລະນີທີ່ການສາທິດຫາກມີສິ່ງທີ່ອາດເປັນອັນຕະລາຍ ຜູ້ສອນຈະຕ້ອງສອນໃຫ້ຜູ້ຮຽນລະມັດລະວັງ ໃນເລື່ອງຄວາມປອດໄພ ແລະ ຄວນກຽມການປ້ອງກັນ ແລະ ແກ້ໄຂບັນຫາໄວ້ນຳ.

4. ການອະພິປາຍສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້

ຫຼັງຈາກການສາທິດແລ້ວ ຜູ້ສອນອາດໃຫ້ການລາຍງານສິ່ງທີ່ໄດ້ສັງເກດເຫັນ ແລະ ແລກປ່ຽນກັນ ເປີດ ໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຊັກຖາມ ຜູ້ສອນຄວນກຽມຄຳຖາມໄວ້ກະຕຸ້ນເພື່ອໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຄິດ. ຜູ້ຮຽນອະພິປາຍ, ແລກປ່ຽນຄວາມຮູ້, ຄວາມຄິດ. ແຕ່ລະຄົນໄດ້ຮັບຄວາມຮູ້ຈາກການສາທິດຂອງຜູ້ສອນ ແລະ ຮ່ວມກັນສະຫຼຸບຜົນ ການຮຽນທີ່ໄດ້.

ຂໍ້ຄຶ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດຂອງວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສາທິດ

ຂໍ້ຄຶ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບປະສົບການໂດຍກົງ, ສາມາດເຫັນສິ່ງທີ່ຮຽນ ຢ່າງເປັນຮູບປະທຳໃຫ້ເກີດ ຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈົດຈຳໃນເລື່ອງທີ່ໄດ້ສາທິດດີ ແລະ ດີນ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍປະຢັດເວລາ, ອຸປະກອນ ແລະ ຄ່າໃຊ້ຈ່າຍຫາກໃຊ້ທົດແທນການທົດລອງ
- ເປັນວິທີທີ່ສາມາດສອນຜູ້ຮຽນໄດ້ຈຳນວນຫຼາຍ

ຂໍ້ຈຳກັດ/ຂໍ້ເສຍ

- ເປັນວິທີທີ່ຜູ້ຮຽນອາດບໍ່ສັງເກດເຫັນການສາທິດຢ່າງຊັດເຈນ ແລະ ທົ່ວເຖິງ ຫາກເປັນກຸ່ມໃຫຍ່
- ເປັນວິທີທີ່ຜູ້ສອນເປັນຜູ້ສາທິດ ຈຶ່ງອາດບໍ່ເຫັນພຶດຕິກຳຂອງນັກຮຽນ
- ເປັນວິທີທີ່ຜູ້ຮຽນອາດມີສ່ວນຮ່ວມບໍ່ທົ່ວເຖິງ ແລະ ຫຼາຍພໍ້
- ເປັນວິທີທີ່ຜູ້ຮຽນບໍ່ໄດ້ລົງມືເຮັດເອງ ຈຶ່ງອາດບໍ່ເກີດຄວາມຮູ້ທີ່ເລິກເຊິ່ງພຽງພໍ

3. ວິທີສອນແບບທົບທວນ ແມ່ນການນຳພາໂດຍຄູທວນຄືນຄວາມຮູ້ຂອງການຮຽນຮູ້ບົດຮຽນຕ່າງໆ ທີ່ໄດ້ຮຽນ ຜ່ານມາ ເພື່ອໃຫ້ຜູ້ຮຽນເຂົ້າໃຈເນື້ອໃນຕື່ມ ແລະ ເຂົ້າໃຈງ່າຍກ່ອນເກົ່າກ່ຽວກັບບັນຫາຕ່າງໆ ໂດຍຫຍໍ້.

2. ການສອນແບບນັກຮຽນເປັນໃຈກາງ

ການສອນແບບນັກຮຽນເປັນໃຈກາງປະກອບມີຫຼາຍວິທີຄື: ທົດລອງ, ໂຄງການ, ສູນການຮຽນ, ສືບສວນ- ສອບສວນ, ແບ່ງກຸ່ມ, ອະພິປາຍ, ວິເຄາະບັນຫາ, ສັງເຄາະບັນຫາ, ສະແດງບົດບາດ ແລະ ແບບປຽບທຽບ ແລະ ອື່ນ ແຕ່ຈະຍົກໃຫ້ເຫັນລາຍລະອຽດບາງວິທີສອນຂ້າລຸ່ມນີ້.

1. ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການທົດລອງ (Experiment)

“ເປັນວິທີທີ່ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບປະສົບການໂດຍກົງ ໂດຍໄດ້ຜ່ານຂະບວນການຕ່າງໆໄດ້ພິສູດທົດສອບ ແລະ ເຫັນຜົນປະກົດດ້ວຍຕົນເອງ ຈຶ່ງເກີດການຮຽນຮູ້ໄດ້ດີ, ມີຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈຶ່ງຈຳການຮຽນຮູ້ນັ້ນໄດ້ດົນນານ”

1.1. ຄວາມໝາຍ:

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການທົດລອງຄື: ຂະບວນການທີ່ຜູ້ສອນໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມຈຸດປະສົງທີ່ກຳນົດ ໂດຍການໃຫ້ຜູ້ຮຽນເປັນຜູ້ກຳນົດບັນຫາ ແລະ ສົມມຸດຖານໃນການທົດລອງ ແລະ ລົງມືທົດລອງເຊິ່ງປະຕິບັດຕາມຂັ້ນຕອນທີ່ກຳນົດໂດຍໃຊ້ວັດຖຸອຸປະກອນທີ່ຈຳເປັນ, ແລ້ວເກັບລວບລວມຂໍ້ມູນ, ວິເຄາະຂໍ້ມູນ, ສະຫຼຸບອະທິບາຍຜົນການທົດລອງ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້ທີ່ໄດ້ຮັບຈາກການທົດລອງ.

1.2. ຈຸດປະສົງ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການທົດລອງເປັນວິທີການທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນ ຮຽນແບບລາຍງານເປັນບຸກຄົນ ຫຼື ລາຍງານເປັນກຸ່ມເກີດການຮຽນຮູ້ໂດຍການເຫັນຜົນນປະກົດຈະແຈ້ງຈາກຄວາມຄິດ ແລະ ການປະຕິບັດຂອງຕົນເອງນີ້ເຮັດໃຫ້ການຮຽນຮູ້ນັ້ນຖືກກັບຄວາມເປັນຈິງ ມີຄວາມໝາຍສຳລັບຜູ້ຮຽນ ແລະ ຈຶ່ງຈຳໄດ້ດົນນານ.

1.3. ອົງປະກອບ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນ

- ມີການຕັ້ງບັນຫາ ແລະ ສົມມຸດຖານໃນການທົດລອງ
- ມີວັດຖຸອຸປະກອນສຳລັບການທົດລອງ
- ມີການທົດລອງ

1.4. ຂັ້ນຕອນສຳຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງການສອນ

- ຜູ້ສອນ / ຜູ້ຮຽນກຳນົດບັນຫາ ແລະ ສົມມຸດຖານໃນການທົດລອງ
- ຜູ້ສອນໃຫ້ຄວາມຮູ້ທີ່ຈຳເປັນຕໍ່ການທົດລອງໃຫ້ຂັ້ນຕອນ ແລະ ລາຍລະອຽດໃນການທົດລອງແກ່ຜູ້ຮຽນໂດຍໃຊ້ວິທີການຕ່າງໆຕາມຄວາມເໝາະສົມ.
- ຜູ້ຮຽນລົງມືທົດລອງໂດຍໃຊ້ວັດຖຸອຸປະກອນທີ່ຈຳເປັນຕາມຂັ້ນຕອນທີ່ກຳນົດ ແລະ ບັນທຶກຂໍ້ມູນການທົດລອງ.
- ຜູ້ຮຽນວິເຄາະ ແລະ ສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ
- ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນອະທິບາຍຜົນການທົດລອງ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້

1.5. ເທັກນິກ ແລະ ຂໍ້ສະເໜີແນະຕ່າງໆໃນການໃຊ້ວິທີສອນການທົດລອງໃຫ້ມີປະສິດທິພາບ

1. ການກະກຽມ

ຜູ້ສອນຈະຕ້ອງກຳນົດຈຸດມັ່ງໝາຍ ແລະ ກຳນົດບັນຫາທີ່ຈະໃຊ້ໃນການທົດລອງ ແລະ ຂະບວນການ ຫຼື ຂັ້ນຕອນໃນການດຳເນີນການທົດລອງໃຫ້ຊັດເຈນ ລວມທັງຈັດກຽມວັດຖຸອຸປະກອນທີ່ຈະໃຊ້ໃນການທົດລອງໃຫ້ພ້ອມ ແລະ ລອງເຮັດການທົດລອງດ້ວຍຕົນເອງເພື່ອຈະໄດ້ຮຽນຮູ້ປະເດັນບັນຫາຂັດຂ້ອງ ຫຼື ອຸປະສັກຕ່າງໆເຊິ່ງອາດນຳມາໃຊ້ໃນການປັບປຸງຂັ້ນຕອນການດຳເນີນການ ແລະ ລາຍລະອຽດຕ່າງໆໃຫ້ຮັດກຸມຂຶ້ນ, ຜູ້ສອນອາດຈຳເປັນຕ້ອງສ້າງເອກະສານຄູ່ມືການທົດລອງໃຫ້ຜູ້ຮຽນ ແລະ ຄວນຈັດປະເດັນຄຳຖາມທີ່ຈະໃຫ້ຜູ້ຮຽນຫາຄຳຕອບ ຫຼື ແນວທາງທີ່ຈະໃຫ້ຜູ້ຮຽນສັງເກດການທົດລອງ. ນອກຈາກນັ້ນໃນບາງກໍລະນີການທົດລອງຕ້ອງອາໄສຄວາມຮູ້ພື້ນຖານທີ່ຈຳເປັນ ເຊິ່ງຖ້າຫາກຜູ້ຮຽນຂາດຄວາມຮູ້ດັ່ງກ່າວ ຈະບໍ່ສາມາດເຮັດການທົດລອງໄດ້ເຊິ່ງຄວນມີການກວດສອບຄວາມຮູ້ຂອງຜູ້ຮຽນກ່ອນໃຫ້ເຮັດການທົດລອງໂດຍຜູ້ສອນຈະຕ້ອງຈັດກຽມແບບທົດລອງໄວ້ອີກສຳລັບການທົດລອງທີ່ມີອັນຕະລາຍເຊັ່ນ: ການທົດລອງທາງເຄມີ ຜູ້ສອນຈະຕ້ອງກວດສອບຄວາມປອດໄພລວມທັງຕຽມການສະເພາະທາງດ້ານການປ້ອງກັນ ແລະ ແກ້ໄຂບັນຫາທີ່ອາດຈະເກີດຂຶ້ນອີກ.

2. ການນາສະເໜີເລື່ອງ/ຕົວບັນຫາທີ່ຈະໃຊ້ໃນການທົດລອງ

ຜູ້ສອນອາດເປັນຜູ້ນາສະເໜີບັນຫາທີ່ຈະໃຊ້ໃນການທົດລອງ ແຕ່ຖ້າເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີຄວາມຮູ້ສຶກວ່າ ບັນຫາມາຈາກຕົວຜູ້ຮຽນເອງໄດ້ກໍ່ຈະຍິ່ງດີ ຈະເຮັດໃຫ້ການຮຽນຮູ້ ຫຼື ການທົດລອງນັ້ນມີຄວາມໝາຍສໍາລັບຜູ້ຮຽນ ຫຼາຍຂຶ້ນ.

3. ການໃຫ້ຄວາມຮູ້/ຂັ້ນຕອນ/ລາຍລະອຽດໃນການທົດລອງ

ຜູ້ສອນອາດເປັນຜູ້ກໍານົດຂັ້ນຕອນ ແລະ ລາຍລະອຽດໃນການທົດລອງ ຫຼື ອາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຮ່ວມກັນວາງ ແຜນ ແລະ ກໍານົດຂັ້ນຕອນໃນການດໍາເນີນການທົດລອງກໍ່ໄດ້ ແລ້ວແຕ່ຄວາມເໝາະສົມກັບຖານະແຕ່ໃນການໃຫ້ຜູ້ ຮຽນຮ່ວມກັນດໍາເນີນການນັ້ນຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນພັດທະນາທັກສະຕ່າງໆໄດ້ເພີ່ມຂຶ້ນອີກ ແລະ ຜູ້ຮຽນຈະກະຕືລື ລົ້ນຫຼາຍຂຶ້ນເພາະເປັນຜູ້ຄິດເອງ ແຕ່ເຖິງຢ່າງໃດກໍ່ຕາມ ຄູ່ຈໍາເປັນຕ້ອງຊ່ວຍດູແລໃຫ້ຄໍາປຶກສາ ແລະ ໃຫ້ຄວາມ ຊ່ວຍເຫຼືອຢ່າງໃກ້ຊິດ.

4. ການທົດລອງ

ການທົດລອງເຮັດໄດ້ຫຼາຍແບບຜູ້ສອນອາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນລົງມືຕາມຂັ້ນຕອນທີ່ໄດ້ກໍານົດໄວ້ທັງໝົດໂດຍຄູ ເຮັດໜ້າທີ່ສັງເກດ ແລະ ໃຫ້ຄໍາແນະນໍາ ຫຼື ປ້ອນ ຂໍ້ມູນໃຫ້ແກ່ຜູ້ຮຽນ ຫຼື ຜູ້ສອນອາດລົງມືເຮັດການທົດລອງເອງໃຫ້ ຜູ້ຮຽນສັງເກດ ແລະ ເຮັດການທົດລອງຕາມໄປເທື່ອລະຂັ້ນ ຫຼື ຜູ້ສອນອາດລົງມືເຮັດການທົດລອງໃຫ້ຜູ້ຮຽນເບິ່ງ ຈົນຈົບຂະບວນການ ແລ້ວໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄປເຮັດການທົດລອງດ້ວຍຕົນເອງ ຜູ້ສອນຈະໃຊ້ເທັກນິກໃດນັ້ນຂຶ້ນກັບ ຄວາມເໝາະສົມຂອງລັກສະນະການທົດລອງເທື່ອນັ້ນ ຜູ້ສອນຄວນເຝິກຜົນທັກສະດັ່ງກ່າວໃຫ້ຜູ້ຮຽນກ່ອນ ໃຫ້ຜູ້ ຮຽນເຮັດການທົດລອງ ຫຼື ບໍ່ຕ້ອງເຝິກໄປພ້ອມໆກັນ ທັກສະຂະບວນການທາງວິທະຍາສາດດັ່ງກ່າວມີ 13 ທັກສະ ດັ່ງນີ້:

- 1) ທັກສະການສັງເກດ
- 2) ທັກສະການລົງຄວາມເຫັນຈາກຂໍ້ມູນ
- 3) ທັກສະການຈໍາແນກປະເພດ
- 4) ທັກສະການວັດແທກ
- 5) ທັກສະການໃຊ້ຕົວເລກ
- 6) ທັກສະການສຶຄວາມໝາຍ
- 7) ທັກສະທາງຊັບພະຍາກອນ
- 8) ທັກສະການຫາຄວາມສໍາພັນລະຫວ່າງກາງຫາວ (Space) ກັບເວລາ
- 9) ທັກສະການກໍານົດ ແລະ ຄວບຄຸມຕົວແປ
- 10) ທັກສະການຕັ້ງສົມມຸດຖານ
- 11) ທັກສະການກໍານົດນິຍາມເຊິ່ງປະຕິບັດຕາມຕົວແປ
- 12) ທັກສະການທົດລອງ
- 13) ທັກສະການຕີຄວາມໝາຍຂໍ້ມູນ ແລະ ການລົງຂໍ້ສະຫຼຸບ

ຜູ້ສອນຈະສອນດ້ວຍວິທີນີ້ໃຫ້ໄດ້ຜົນດີຈໍາເປັນຕ້ອງມີຄວາມຮູ້, ຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ທັກສະ 13 ປະການດັ່ງກ່າວຈຶ່ງຈະສາມາດເຝິກຜົນຜູ້ຮຽນຕາມບັນຫາ ແລະ ຄວາມຕ້ອງການຂອງຜູ້ຮຽນໄດ້.

5. ການລວບລວມຂໍ້ມູນ

ຜູ້ສອນຄວນໃຫ້ຄໍາແນະນໍາແກ່ຜູ້ຮຽນໃນການສັງເກດການທົດລອງ, ບັນທຶກຂໍ້ມູນການທົດລອງ ແລະ ເກັບລວບລວມຂໍ້ມູນຢ່າງເປັນລະບົບ ລວມທັງໃຫ້ເອົາໃຈໃສ່ໃນຂະບວນການທົດລອງ ແລະ ຂະບວນການເຮັດ ວຽກຮ່ວມກັນຂອງນັກຮຽນອີກດ້ວຍ.

6. ການວິເຄາະສະຫຼຸບຜົນການທົດລອງ ແລະ ສະຫຼຸບຜົນການຮຽນ

ຜູ້ສອນຄວນໃຫ້ຄໍາແນະນໍາແກ່ຜູ້ຮຽນກ່ຽວກັບວິທີການວິເຄາະຂໍ້ມູນ ແລະ ສະຫຼຸບຜົນເຊິ່ງຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ພັດທະນາຂະບວນການຄິດ ແລະ ທັກສະຂະບວນການທາງວິທະຍາສາດ ເຊິ່ງສາມາດນໍາໄປໃຊ້ປະໂຫຍດໃນເລື່ອງອື່ນໆໄດ້ອີກຫຼາຍ. ນອກຈາກນັ້ນຜູ້ສອນຄວນໃຫ້ຜູ້ຮຽນວິເຄາະ ອະທິບາຍກ່ຽວກັບຂະບວນການໃນການສະແຫວງຫາຄວາມຮູ້, ຂະບວນການເຮັດວຽກ ແລະ ຂະບວນການອື່ນໆ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້ຮ່ວມກັນອີກດ້ວຍ.

1.6. ຂໍ້ດີ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດຂອງວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການທົດລອງ

ຂໍ້ດີ:

- ເປັນວິທີການທີ່ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບປະສົບການໂດຍກົງ ໄດ້ຜ່ານຂະບວນການຕ່າງໆ ໄດ້ພິສູດ ທົດສອບ ແລະ ເຫັນຜົນປະກົດດ້ວຍຕົນເອງ ຈຶ່ງເກີດການຮຽນຮູ້ໄດ້ດີ ມີຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈຶ່ງຈຳການຮຽນຮູ້ນັ້ນໄດ້ດົນນານ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຜູ້ຮຽນມີໂອກາດໄດ້ຮຽນຮູ້ ແລະ ພັດທະນາທັກສະຂະບວນການຕ່າງໆຈຳນວນຫຼາຍເຊັ່ນ: ທັກສະຂະບວນການທາງວິທະຍາສາດ, ທັກສະຂະບວນການສະແຫວງຫາຄວາມຮູ້, ທັກສະຂະບວນການຄິດ ແລະ ທັກສະຂະບວນການກຸ່ມ ລວມທັງໄດ້ພັດທະນາລັກສະນະນິໄສການໄຝຮູ້.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຜູ້ຮຽນຮູ້ມີສ່ວນຮ່ວມໃນກິດຈະກຳຫຼາຍ ຈະເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມກະຕືລືລົ້ນໃນການຮຽນຮູ້.

ຂໍ້ຈຳກັດ:

- ເປັນວິທີສອນທີ່ມີຄ່າໃຊ້ຈ່າຍສູງ ເນື່ອງຈາກຕ້ອງມີອຸປະກອນ ວັດຖຸ ສໍາລັບຜູ້ຮຽນຈຳນວນຫຼາຍ ຫຼື ໃນກໍລະນີທີ່ຕ້ອງອອກໄປເກັບຂໍ້ມູນນອກສະຖານທີ່ ກໍຕ້ອງມີຄ່າໃຊ້ຈ່າຍ ຄ່າພາຫະນະ ແລະ ວັດຖຸຕ່າງໆອີກດ້ວຍ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ໃຊ້ເວລາຫຼາຍເນື່ອງຈາກການດໍາເນີນການແຕ່ລະຂັ້ນຕອນຕ້ອງໃຊ້ເວລາ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຜູ້ສອນຕ້ອງມີຄວາມຮູ້, ຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ມີທັກສະຂະບວນການທາງວິທະຍາສາດ ຈຶ່ງຈະສາມາດສອນ ແລະ ເຝິກຝົນໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ໄດ້ດີ.

2. ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການໄປທັດສະນະສຶກສາ (Field Trip)

ວິທີການທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບປະສົບການຕົວຈິງໃນເລື່ອງທີ່ຮຽນໄດ້ ຮຽນຮູ້ພາບຄວາມເປັນຈິງໄດ້ ໃຊ້ແຫຼ່ງຊຸມຊົນໃຫ້ໄດ້ປະໂຫຍດຕໍ່ການຮຽນຮູ້.

2.1 ຄວາມໝາຍ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການໄປທັດສະນະສຶກສາຄືຂະບວນການທີ່ຜູ້ສອນໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດມີຄວາມຢາດຮຽນຮູ້ຕາມຈຸດປະສົງທີ່ກຳນົດ ໂດຍຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນພາກັນວາງແຜນແລະເດີນມາໄປສຶກສາ,ຮຽນຮູ້ຕາມສະຖານທີ່ ທີ່ມີຄວາມຮູ້ໃນເລື່ອງນັ້ນ (ເຊິ່ງຢູ່ນອກສະຖານທີ່ ທີ່ຮຽນຢູ່ປະຈຸບັນ) ໂດຍມີການສຶກສາສິ່ງຕ່າງໆໃນສະຖານທີ່ນັ້ນ.ຕາມຂະບວນການຫຼືວິທີການທີ່ໄດ້ວາງແຜນໄວ້ແລະມີການອະທິບາຍ,ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້ຈາກຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ສຶກສາມາ.

2.2 ຈຸດປະສົງ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການໄປທັດສະນະສຶກສາເປັນວິທີການທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ມີປະສົບການດີໃນເລື່ອງທີ່ຈະຮຽນ.ຮຽນຮູ້ສະພາບຄວາມເປັນຈິງ,ໄດ້ໃຊ້ບ່ອນຊຸມຊົນໃຫ້ເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ການຮຽນຮູ້.

2.3 ອົງປະກອບສໍາຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນ.

- ມີການວາງແຜນຮ່ວມກັນລະຫວ່າງຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນໃນເລື່ອງຈຸດປະສົງ, ສະຖານທີ່ການເດີນທາງ, ເລື່ອງທີ່ຈະສຶກສາ, ວິທີສຶກສາ, ຄ່າໃຊ້ຈ່າຍ, ກຳນົດການເດີນທາງ ແລະ ໜ້າທີ່ຮັບຜິດຊອບ.

- ມີການເດີນທາງອອກໄປຕາມສະຖານທີ່ເປົ້າໝາຍ ເຊິ່ງຢູ່ນອກໂຮງຮຽນ ຫຼື ນອກສະຖານທີ່ ທີ່ຮຽນຢູ່ເປັນປົກກະຕິ.
- ມີຂະບວນການໃນການສຶກສາສິ່ງທີ່ຕ້ອງການຮຽນຮູ້ໃນສະຖານທີ່ນັ້ນ.
- ມີການສະຫຼຸບຜົນການຮຽນຮູ້ ທີ່ຜູ້ຮຽນໄດ້ຈາກການໄປທັດສະນະສຶກສາ.

2.4 ຂັ້ນຕອນສໍາຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້)ຂອງການສອນ.

- ຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນໄດ້ມີການາງແຜນຮ່ວມກັນໃນເລື່ອງ,ຈຸດປະສົງ,ສະຖານທີ່ທີ່ຈະໄປ,ການເດີນທາງ,ສິ່ງທີ່ຈະໄປສຶກສາ,ວິທີສຶກສາ,ຄ່າໃຊ້ຈ່າຍ,ກໍານົດການເດີນທາງແລະໜ້າທີ່ຮັບຜິດຊອບ.
- ຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນເດີນທາງໄປຕາມສະຖານທີ່ແລະເປົ້າໝາຍ
- ຜູ້ຮຽນສຶກສາສິ່ງຕ່າງໆໃນສະຖານທີ່ນັ້ນຕາມຂະບວນການຫຼືວິທີການສຶກສາໄດ້ວາງແຜນໄວ້.
- ຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນເດີນທາງເມື່ອສະຫຼຸບຜົນການຮຽນຮູ້ແລະຜູ້ສອນຫຼືຜູ້ຮຽນສະຫຼຸບຜົນການຮຽນແລະເດີນທາງເມື່ອ.

2.5.ເທັກນິກ ແລະ ຂໍ້ສະເໜີຕ່າງໆໃນການໃຊ້ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການໄປທັດສະນະສຶກສາໃຫ້ມີຄຸນະພາບຫຼືປະສິດທິພາບ

2.5.1 ການວາງແຜນ.

ຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນຄວນມີການວາງແຜນຮ່ວມກັນກ່ອນມີການເດີນທາງໄປທັດສະນະສຶກສາ.ສິ່ງທີ່ຜູ້ສອນຕ້ອງທໍາຄວາມເຂົ້າໃຈກັບຜູ້ຮຽນໃຫ້ຊັດເຈນຄື:ຈຸດປະສົງຂອງການໄປທັດສະນະສຶກສາ ເຊິ່ງຫາກຈຸດປະສົງຊັດເຈນແລ້ວຜູ້ຮຽນອາດຈະມີສ່ວນໃນການເລືອກສະຖານທີ່ທີ່ຈະໄປ (ໃນກໍລະນີຜູ້ສອນບໍ່ເຈາະຈົງສະຖານທີ່) ເມື່ອມີການກໍານົດສະຖານທີ່ແນ່ນອນແລ້ວຈະເປັນການທີ່ດີຫຼາຍຫາກຜູ້ສອນຫຼືຜູ້ຮຽນບາງຄົນມີໂອກາດໄປສໍາຫຼວດສະຖານທີ່ນັ້ນກ່ອນຈະຊ່ວຍໃຫ້ໄດ້ຂໍ້ມູນທີ່ດີໃນການວາງແຜນຂຶ້ນຕໍ່ໄປແລະຊ່ວຍໃຫ້ບໍ່ມີບັນຫາເມື່ອມີການເດີນທາງຕົວຈິງ ຫຼັງຈາກໄດ້ສະຖານທີ່ແລະໄດ້ຂໍ້ມູນແລ້ວຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນຈຶ່ງວາງແຜນໃຫ້ລະອຽດຕໍ່ໄປເລື່ອງສໍາຄັນທີ່ຈໍາເປັນຕ້ອງຕົກລົງກັນໃຫ້ຊັດເຈນມີຫຼາຍປະການໄດ້ແກ່:

1. ການເດີນທາງຈະຕ້ອງໃຊ້ພາຫະນະນະຫຍັງ ໄປແນວໃດ.
2. ເລື່ອງທີ່ຈະສຶກສາມີຫຍັງແນ່
3. ວິທີການທີ່ຈະສຶກສາໃຊ້ວິທີການແບບໃດ ເຊັ່ນ: ໃຊ້ການສັງເກດ,ຈົດບັນທຶກ,ອັດເທັບ, ຖ່າຍວິດີໂອສະສົມພາບ ເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກໍາລົງມືປະຕິບັດ,ທົດລອງແລະອື່ນໆ.ເຊິ່ງຖ້າໃຊ້ວິທີການດັ່ງກ່າວຈໍາເປັນຕ້ອງໃຊ້ເຄື່ອງມືຫຼືວັດຖຸອຸປະກອນແບບໃດ ກໍ່ຕ້ອງມີການຈັດກຽມໃຫ້ຮຽບຮ້ອຍ ເຊັ່ນ:ຈັດເປັນແບບສັງເກດ,ແບບສະສົມພາບ,ເຄື່ອງມືຫຼິ້ນສຽງ,ກ້ອງເປັນຕົ້ນ.
4. ກໍານົດການໄດ້ແກ່: ໂປຣແກມການເດີນທາງທີ່ມີກໍານົດເວລາທີ່ແນ່ນອນ.
5. ຄ່າໃຊ້ຈ່າຍ: ຈານວນຄ່າໃຊ້ຈ່າຍໃນແຕ່ລະເລື່ອງລວມແລ້ວເປົ້າເທົ່າໃດ.ຖ້າມີຜູ້ຮຽນຈາເປັນຕ້ອງອອກຄ່າໃຊ້ຈ່າຍສະເລ່ຍກັນຫຼາຍ-ນ້ອຍພຽງໃດ

- ໜ້າທີ່ຄວນຮັບຜິດຊອບໃຜຈະຊ່ວຍສ່ວນໃດແດ່

ຕ້ອງກໍານົດໃຫ້ຊັດເຈນ ເລື່ອງຕ່າງໆທີ່ຕົກລົງກັນນີ້ຄວນຈັດການເປັນແອກະສານແຈກໃຫ້ສະມາຊິກທຸກຄົນໄດ້ຮັບຮູ້ຄືກັນໃນເລື່ອງການວາງແຜນນີ້ ຖ້າຜູ້ສອນແບ່ງກຸ່ມຜູ້ຮຽນໃຫ້ຊ່ວຍກັນຄິດໃນແຕ່ລະເລື່ອງໃຫ້ໄດ້ຂໍ້ຕົກລົງຮ່ວມກັນຈະເປັນການດີເພາະຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີສ່ວນຮ່ວມສູງແລະເກີດຄວາມຮູ້ສຶກຮັບຜິດຊອບຮ່ວມກັນ.ສໍາລັບຜູ້ສອນບໍ່ຄວນລົມຕິດຕໍ່ຢືນຢັນເຈົ້າຂອງສະຖານທີ່ຢ່າງເປັນທາງການແລະຂໍອະນຸຍາດບັງຄັບບັນຊາ,ຜູ້ປົກຄອງນັກຮຽນ (ໃນກໍລະນີຕ້ອງປະຕິບັດຕາມລະບຽບກະຊວງສຶກສາທິການ ວ່າດ້ວຍການພານັກຮຽນໄປສຶກສານອກສະຖານທີ່)

- **ການເດີນທາງໄປທັດສະນະສຶກສາ:** ຜູ້ສອນຄວນເບິ່ງແຍງດູແລເອົາໃຈໃສ່ໃນເລື່ອງຄວາມປອດໄພ, ສັງເກດພຶດຕິກຳຂອງນັກຮຽນແລະໃຫ້ຄຳປຶກແນະນຳຕາມຄວາມເໝາະສົມ.

1.5.2 **ການສຶກສາໃນສະຖານທີ່ເປົ້າໝາຍ:** ເມື່ອໄປຕາມສະຖານທີ່ເປົ້າໝາຍແລ້ວຜູ້ສອນຄວນປະຊຸມຜູ້ຮຽນທັງໝົດກ່ອນປ່ອຍຜູ້ຮຽນໃຫ້ໄປສຶກສາຕາມຄວາມສົນໃຈຂອງຕົນເອງໂດຍເວົ້າເຖິງຄື:

6.5.3 ຈຸດປະສົງຂອງການມາສຶກສາ

1. ການເອົາພາບຕໍ່ສະຖານທີ່, ບໍ່ເຮັດສິ່ງໃດທີ່ເປັນການທຳລາຍຫຼືເຮັດຄວາມເສຍຫາຍຕໍ່ສະຖານທີ່.
2. ຄວາມປອດໄພ
3. ການສຶກສາດ້ວຍວິທີການທີ່ກຽມມາແລ້ວ.
4. ການນັດໝາຍແລະການຕົກລົງເວລາ ເມື່ອມີຄວາມເຂົ້າໃຈແລ້ວຈຶ່ງປ່ອຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄປສຶກສາດ້ວຍ ຕົນເອງໂດຍຜູ້ສອນສັງເກດການທົ່ວໄປ.

2.5.4. ການເດີນທາງເມືອ ແລະ ສະຫຼຸບຜົນການຮຽນ.

ໂດຍທົ່ວໄປຫຼັງຈາກທີ່ໄດ້ເບິ່ງ - ຊົມ ແລະ ສຶກສາສະຖານທີ່ແລ້ວ ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນມັກບໍ່ມີເວລາທີ່ຈະສະຫຼຸບຜົນການຮຽນໃນທັນທີ ເພາະຕ້ອງຟ້າວເດີນທາງເມືອ ແຕ່ຫາກບໍ່ຟ້າວເດີນທາງເມືອ ແລະ ສາມາດຈັດສັນເວລາໄດ້ການສະຫຼຸບປະເມີນຜົນການຮຽນຮູ້ໃນທັນທີ ຈະໃຫ້ຜົນດີຫຼາຍເນື່ອງຈາກຜູ້ຮຽນຍັງຈຶ່ງຄວາມຄິດ, ປະສົບການ ແລະ ຄວາມຮູ້ສຶກຕ່າງໆໄດ້ດີ ແຕ່ຖ້າຍັງສະຫຼຸບບໍ່ໄດ້ທັນທີ ຈຶ່ງຈຳເປັນຕ້ອງຖ້າອີກໄລຍະໜຶ່ງ ຄວາມຮູ້ສຶກຄວາມຄິດ ແລະ ປະສົບການບາງສ່ວນອາດຈະລືມໄປແນ່ ການສະຫຼຸບຜົນການຮຽນຮູ້ເຮັດໄດ້ຫຼາຍວິທີເຊັ່ນ: ການໃຊ້ຜູ້ຮຽນແຕ່ລະຄົນສະເໜີປະສົບການ ແລະ ຂໍ້ມູນທີ່ຕົນໄດ້ຈາກການສຶກສາ ແລະ ອະທິບາຍຮ່ວມກັນ ສະຫຼຸບເປັນປະເດັນການຮຽນຮູ້ທີ່ໄດ້ຮັບ ແລະ ອາດປະເມີນຄຳວ່າ: ການຮຽນຮູ້ທີ່ໄດ້ຮັບເປັນໄປຕາມຈຸດປະສົງທີ່ກຳນົດໄວ້ຫຼາຍໜ້ອຍພຽງໃດ ຫຼື ຜູ້ສອນອາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຂຽນບົດລາຍງານຖ່າຍທອດຄວາມຮູ້ ແລະ ປະສົບການທີ່ໄດ້ຮັບແກ່ຜູ້ອື່ນ (ເຊັ່ນ: ຜູ້ຮຽນກຸ່ມອື່ນໆ ຫຼື ໃນການປະຊຸມຕ່າງໆ) ແນວໃດກໍຕາມບໍ່ວ່າຜູ້ສອນຈະໃຊ້ວິທີໃດໃນການສະຫຼຸບຜົນການຮຽນຮູ້, ຜູ້ສອນຄວນດູແລເບິ່ງແຍງໃຫ້ມີການສະຫຼຸບ ໃຫ້ຄວບຄຸມປະເດັນການຮຽນຮູ້ທັງ 3 ດ້ານຄື :

1. ການຮຽນຮູ້ໃນດ້ານຄວາມຮູ້ (ສິ່ງທີ່ສຶກສາ)
2. ການຮຽນຮູ້ໃນດ້ານເຈດຕະນາ
3. ການຮຽນຮູ້ໃນດ້ານຂະບວນການຕ່າງໆ (ເຊັ່ນ : ຂະບວນການສະແຫວງຫາຄວາມຮູ້ , ຂະບວນການຄິດ , ຂະບວນການເຮັດວຽກຮ່ວມກັບຜູ້ອື່ນໆ)

ຂໍ້ຕົ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດ/ຂໍ້ເສຍ ຂອງວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການໄປທັດສະນະສຶກສາ

ຂໍ້ຕົ:

1. ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ມີປະສົບການໂດຍກົງ ໄດ້ຮຽນຮູ້ສະພາບຄວາມເປັນຈິງ ມີການເຊື່ອມໂຍງລະຫວ່າງການຮຽນຮູ້ໃນຫ້ອງຮຽນ ແລະ ຄວາມເປັນຈິງ.
2. ເປັນວິທີສອນທີ່ສົ່ງເສີມການໃຊ້ສັບພະຍາກອນທ້ອງຖິ່ນ ແລະ ຊຸມຊົນໃຫ້ເປັນປະໂຫຍດຕໍ່ການຮຽນຮູ້ ແລະ ຊ່ວຍສ້າງຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງໂຮງຮຽນກັບຊຸມຊົນ.
3. ເປັນວິທີສອນທີ່ເອື້ອໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີໂອກາດໄດ້ເຝິກທັກສະຕ່າງໆຈຳນວນຫຼາຍເຊັ່ນ: ທັກສະການວາງແຜນ, ທັກສະການປະສານງານ, ທັກສະການເຮັດວຽກກຸ່ມ, ທັກສະການສະແຫວງຫາຄວາມຮູ້ ນອກຈາກນັ້ນຍັງສົ່ງເສີມການພັດທະນາຄຸນນະທຳຕ່າງໆເຊັ່ນ: ຄວາມຮັບຜິດຊອບ, ຄວາມສາມັກຄີ ຄວາມເສຍສະຫຼະເປັນຕົ້ນ
4. ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ປ່ຽນສະພາບອາກາດໃນການຮຽນຮູ້ເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີຄວາມກະຕືລືລົ້ນແລະຄວາມສົນໃຈໃນການຮຽນເພີ່ມຂຶ້ນ

ຂໍ້ຈຳກັດ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ຍຸ້ງຍາກສໍາຫລັບຜູ້ສອນເນື່ອງຈາກຕ້ອງມີການກຽມການຕິດຕໍ່ປະສານງານ ຈັດການ ແລະ ຮັບຜິດຊອບງານຫຼາຍດ້ານ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ມີຄ່າໃຊ້ຈ່າຍສູງ ໃຊ້ເວລາຫລາຍ ແລະ ມີຄວາມສ່ຽງອາດເກີດອັນຕະລາຍລະຫວ່າງການ ເດີນທາງໄດ້.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ອາດເກີດຜົນບໍ່ຄຸ້ມຄ່າ ຫາກການຈັດການ ແລະ ຂະບວນການສຶກສາບໍ່ດີເທົ່າທີ່ຄວນ

3. ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສະແດງລະຄອນ

3.1 ຄວາມໝາຍ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສະແດງລະຄອນແມ່ນຂະບວນການທີ່ຜູ້ສອນໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການ ຮຽນຮູ້ຕາມຈຸດປະສົງໂດຍການໃຫ້ຜູ້ຮຽນສະແດງລະຄອນເຊິ່ງເປັນເລື່ອງທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮຽນຮູ້ຕາມເນື້ອ ຫາ ແລະ ບົດລະຄອນທີ່ໄດ້ກຳນົດໄວ້ ຕັ້ງແຕ່ຕົ້ນຈົນຈົບ ເຮັດໃຫ້ເລື່ອງລາວນັ້ນມີຊີວິດຂຶ້ນມາ ແລະ ສາມາດເຮັດໃຫ້ ທັງຜູ້ສະແດງແລະ ຜູ້ເບິ່ງເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈົດຈຳເລື່ອງນັ້ນໄດ້ດີ.

3.2 ຈຸດປະສົງ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສະແດງລະຄອນ ເປັນວິທີການທີ່ມຸ້ງຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເຫັນພາບຂອງເລື່ອງລາວທີ່ ຕ້ອງການຮຽນຮູ້ຢ່າງຊັດເຈນດ້ວຍຕົນເອງ ເຮັດໃຫ້ເລື່ອງລາວນັ້ນມີຊີວິດຂຶ້ນມາ ຈຶ່ງຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ ທີ່ຊັດເຈນແລະ ຈົດຈຳໄດ້ດີ.

3.3 ອົງປະກອບທີ່ສໍາຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນ.

- ບົດລະຄອນຄືເລື່ອງທີ່ມີເນື້ອຫາ ແລະ ບົດເວົ້າ ຫຼື ບົດສະແດງກຳນົດໄວ້ຮຽບຮ້ອຍແລ້ວຕັ້ງແຕ່ຕົ້ນຈົນຈົບ.
- ມີການສະແດງຕາມບົດບາດທີ່ກຳນົດ, ມີກາເບິ່ງ ແລະ ສັງເກດການສະແດງ
- ມີການອະທິບາຍກ່ຽວກັບເລື່ອງລາວ ຫຼື ເນື້ອຫາການສະແດງຂອງຜູ້ຮັບບົດບາດຕ່າງໆ
- ມີການສະຫຼຸບການຮຽນຂອງຜູ້ຮຽນ ຈາກການສະແດງ ແລະ ເບິ່ງການສະແດງ.

3.4 ຂັ້ນຕອນສໍາຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງການສອນ

- ຜູ້ສອນ/ຜູ້ຮຽນກຽມບົດລະຄອນ
- ຜູ້ຮຽນສຶກສາບົດລະຄອນ ແລະ ບົດບາດທີ່ຈະສະແດງ.
- ຜູ້ຮຽນສຶກສາບົດທີ່ຈະສະແດງ ແລະ ຊ້ອມການສະແດງ ຜູ້ສອນໃຫ້ຄໍາແນະນຳໃນການເບິ່ງການສະແດງ ແກ່ຜູ້ຮຽນຮູ້ທີ່ເປັນຜູ້ເບິ່ງ
- ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນຈັດກຽມອຸປະກອນສໍາລັບການສະແດງເຊັ່ນ: ເຄື່ອງແຕ່ງກາຍ.
- ຜູ້ຮຽນສະແດງ ຫຼື ການສະແດງ.
- ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນອະທິບາຍກ່ຽວກັບການສະແດງຂອງຜູ້ຫຼິ້ນເລື່ອງ ຫຼື ເນື້ອຫາການສະແດງ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນຮູ້ທີ່ໄດ້ຈາກການສະແດງ.

3.5 ເທັກນິກແລະຂັ້ນຕອນຕ່າງໆໃນການໃຊ້ວິທີສອນໂດຍການສະແດງລະຄອນໃຫ້ມີ ຄຸນະພາບ

ການສະແດງລະຄອນເພື່ອການຮຽນຮູ້ມີຫຼາຍແບບດັ່ງນີ້ :

ກ. ການສະແດງລະຄອນແບບເປັນທາງການ (dramatization)

ເປັນການສະແດງລະຄອນທີ່ມີການກຽມບົດລະຄອນຕັ້ງແຕ່ຕົ້ນຈົນຈົບໄວ້ ແລະ ຜູ້ສະແດງຈະຕ້ອງມີ ການເຝິກຊ້ອມກ່ອນການສະແດງສາມາດສະແດງໄດ້ຕາມບົດ ແລະ ມີການຈັດສາກຈັດເວທີໃຫ້ເບິ່ງສົມຈິງ ຕົວຢ່າງ : ການສະແດງທາງການທີ່ນິຍົມກັນຫຼາຍໄດ້ແກ່ການສະແດງເຫດການປະຫວັດສາດ ຫຼື ຊີວະປະຫວັດຂອງບຸກຄົນທີ່ ສໍາຄັນເປັນຕົ້ນ.

ຂ. ການສະແດງລະຄອນແບບບໍ່ເປັນທາງການ ຫຼື ເອີ້ນສັ້ນໆໄດ້ວ່າ Acting

ເປັນການສະແດງເລື່ອງລາວ ຫຼື ເຫດການສັ້ນໆສະເພາະຈຸດສະເພາະປະເດັນເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ເລື່ອງລາວນັ້ນ ມີຄວາມຊັດເຈນຂຶ້ນ. ການສະແດງແບບນີ້ຜູ້ສອນສາມາດໃຊ້ສອນໃນການສອນເນື້ອຫາສາລະຕ່າງໆໄດ້ຫຼາຍເຊັ່ນ: ການສະແດງວິທີການຈັດໂຕະອາຫານ, ການສະແດງພິທີແຕ່ງງານ.

ຄ. ການສະແດງລະຄອນໃບ້

ເປັນການສະແດງທີ່ຜູ້ສະແດງໃຊ້ກາສະແດງອອກທາງທ່າທາງ ສື່ຄວາມໝາຍເລື່ອງລາວໃຫ້ຜູ້ເບິ່ງເຂົ້າໃຈ ໂດຍບໍ່ໃຊ້ພາສາເວົ້າເລີຍ ແຕ່ອາດມີການໃຊ້ການບັນຍາຍປະກອບທ່າທາງໄດ້ ເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ເບິ່ງມີຄວາມເຂົ້າໃຈ ຫຼາຍຂຶ້ນເຊັ່ນ : ການສະແດງລະຄອນໃບ້ ສື່ຄວາມໝາຍກ່ຽວກັບບັນຫາການດຳລົງຊີວິດ, ຄວາມຂັດຂ້ອງໃຈ , ການແກ້ໄຂບັນຫາຕ່າງໆ.

ງ. ການສະແດງລະຄອນຮຽນແບບ (ລອກແບບ)

ເປັນການສະແດງທີ່ຜູ້ສະແດງພະຍາຍາມສະແດງລັກສະນະທ່າທາງຮຽນແບບບຸກຄົນ ຫຼື ສັດເຊັ່ນ: ການສະແດງຮຽນແບບດາລາ, ນັກຮ້ອງທີ່ມີຊື່ສຽງ, ການສະດງທ່າທາງສຽງຮ້ອງຮຽນແບບສັດຕ່າງໆເຊັ່ນ: ໝາ, ແມວ, ສິງໂຕ, ນົກຕ່າງໆ ຫຼື ອາດຈະສະແດງຮຽນແບບກົນໄກການເຮັດວຽກຂອງສິ່ງຕ່າງໆເຊັ່ນ: ຮຸ່ນຍົນ, ຄອມພິວເຕີ ແລະ ອື່ນໆ...

ຈ. ການສະແດງລະຄອນລ້ຽນ

ເປັນການສະແດງລະຄອນທີ່ມີເນື້ອຫາສາລະສຽດສີບຸກຄົນ, ສັງຄົມ ເລື່ອງລາວ ຫຼື ເຫດການຕ່າງໆເພື່ອເນັ້ນຄຳນິຍົມ ຫຼື ພຶດຕິກຳໃດໆທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ເກີດຂຶ້ນແກ່ຜູ້ຮຽນ ໂດຍການສະແດງເຖິງຄວາມບໍ່ຊອບດ້ວຍເຫດ ແລະຜົນຂອງສິ່ງນັ້ນເຊັ່ນ : ການສະດງລະຄອນລ້ຽນພຶດຕິກຳທາງການເມືອງຂອງນັກການເມືອງເປັນຕົ້ນ.

ສ. ການສະແດງການເຊີດຮຸ່ນລະຄອນ

ເປັນການສະແດງທີ່ຜູ້ສະແດງໃຊ້ຮຸ່ນຫຼື ອຸປະກອນອື່ນເປັນຕົວແທນຕົນໃນການສະແດງອອກ, ຜູ້ສະແດງບໍ່ປະກົດກາຍຫຼືສະແດງພຶດຕິກຳຕ່າງໆ ແຕ່ຈະເຊີດຕົວຮຸ່ນໃຫ້ສະແດງຕາມທີ່ຕົນຕ້ອງການ, ຮຸ່ນທີ່ຈະໃຊ້ໃນການສະແດງມີຫຼາຍແບບຫຼາຍປະເພດເຊັ່ນ: ຮຸ່ນກະບອກ, ຮຸ່ນນິ້ວມື , ຮຸ່ນສຽບໄມ້ , ຮຸ່ນໜັງຕະລຸງແລະອື່ນໆ.

ການສະແດງລະຄອນບໍ່ວ່າຈະເປັນແບບໃດ ຖ້າຢາກໃຫ້ມີປະສິທິພາບ ຄືຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມຈຸດປະສົງຜູ້ສອນຄວນມີການຕຽມການແລະດຳເນີນການຢ່າງເໝາະສົມດັ່ງນີ້ :

1.) ການກຽມບົດລະຄອນ

ຜູ້ຮຽນແລະຜູ້ຮຽນຄວນມີການອະທິບາຍກັນເຖິງຈຸດປະສົງຈອງການທີ່ຈະໃຊ້ບົດລະຄອນເປັນວິທີການ ເພື່ອໃຫ້ເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມຈຸດປະສົງທີ່ກຳນົດ, ຜູ້ຮຽນຄວນມີບົດບາດການເລືອກເລື່ອງລາວທີ່ຈະສະແດງ , ຜູ້ສອນອາດກຽມບົດລະຄອນໃຫ້ຜູ້ສະແດງໂດຍຕ້ອງກຽມເນື້ອຫາການສະແດງແຕ່ຕົ້ນຈົນຈົບແລະຕ້ອງກຽມບົດລະຄອນຕີບົດເວົ້າຂອງຕົວລະຄອນຕ່າງໆຫຼືອາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນຊ່ວຍກັນຂຽນເຊິ່ງໃນທັງສອງກໍລະນີ ທັງຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນຈຳເປັນຕ້ອງສຶກສາເນື້ອຫາເລື່ອງລາວຈາກແຫຼ່ງຂໍ້ມູນຕ່າງໆເພື່ອໃຫ້ໄດ້ເນື້ອຫາ , ເລື່ອງລາວທີ່ກົງກັບຄວາມເປັນຈິງໃຫ້ເຫຼາຍທີ່ສຸດແລະອາດຈຳເປັນຕ້ອງການສະແຫວງຫາບຸກຄົນທາງປະຫວັດສາດ , ການສະແດງລະຄອນທາງວັນນະຄະດີເປັນຕົ້ນ.

2.) ການສຶກສາບົດລະຄອນແລະເລືອກບົດບາດທີ່ຈະສະແດງ.

ຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນຄວນຊ່ວຍກັນເລືອກວ່າໃຜຄວນຈະສະແດງບົດບາດ. ໂດຍພິຈາລະນາເຖິງຄວາມເໝາະສົມແລະຄວາມສາມາດຂອງຜູ້ຮຽນກັບບົດທີ່ຈະສະແດງ, ຄວນເລືອກຜູ້ທີ່ມີບຸກຄະລິກລັກສະນະກົງກັບເລື່ອງລາວ ແລະມີຄວາມສາມາດທີ່ຈະຕີບົດແຕກຫຼືຫຼິ້ນໄດ້ດີ ເນື່ອງຈາກການສະແດງເນັ້ນໃສ່ໃຫ້ຜູ້ຮຽນເຫັນພາບ ຫຼື ເລື່ອງລາວທີ່ກົງກັບເລື່ອງລາວ ແລະ ຄວາມເປັນຈິງຫຼາຍທີ່ສຸດ. ດັ່ງນັ້ນຜູ້ສະແດງຄວນມີຄວາມເຕັມໃຈທີ່ຈະສະແດງເພື່ອໃຫ້ການສະແດງອອກມາດີທີ່ສຸດ.

3.) ການສຶກສາບົດ, ຊ້ອມການສະແດງ, ກຽມຜູ້ເບິ່ງ ແລະ ກຽມອຸປະກອນສໍາລັບການສະແດງ.

ເມື່ອໄດ້ຜູ້ສະແດງແລ້ວ, ຜູ້ສະແດງແຕ່ລະຄົນຕ້ອງສຶກສາເລື່ອງລາວ ແລະ ບົດຂອງຕົນເປັນພິເສດ ຕ້ອງພະຍາຍາມຈື່ບົດຂອງຕົນໃຫ້ຄ່ອງ ເພື່ອການສະແດງຂອງຕົນຈະບໍ່ຕິດຂັດ ແລະ ຈະຕ້ອງມີການເຝິກຊ້ອມການສະແດງຮ່ວມກັນ, ໃນບາງກໍລະນີ ຫຼັງຈາກເຝິກຊ້ອມອາດຈຳເປັນຕ້ອງມີການປ່ຽນຜູ້ສະແດງ ຖ້າເຫັນວ່າຜູ້ທີ່ເລືອກໄວ້ບໍ່ສາມາດສະແດງໄດ້ດີພໍທີ່ຈະສື່ຄວາມໝາຍໄດ້ກົງກັບເລື່ອງລາວ ຫຼື ເນື້ອຫາອັນເປັນວັດຖຸປະສົງຂອງການສອນໂດຍປົກກະຕິການສອນດ້ວຍວິທີນີ້ຜູ້ຮຽນຈະບໍ່ສະແດງທັງໝົດ, ຜູ້ທີ່ບໍ່ໄດ້ສະແດງ ຈະເປັນຜູ້ເບິ່ງການສະແດງ ແລະ ຊ່ວຍຈັດສາກການສະແດງ.

4.) ການສະແດງລະຄອນ ແລະ ເບິ່ງລະຄອນ.

ເມື່ອທຸກຢ່າງພ້ອມແລ້ວ ຈຶ່ງເລີ່ມການສະແດງ, ໃນຂະນະສະແດງຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ເບິ່ງບໍ່ຄວນຂັດການສະແດງ ແລະ ຄວນໃຫ້ກຳລັງໃຈຜູ້ສະແດງໂດຍການຕັ້ງໃຈເບິ່ງການສະແດງ, ຕົບມືໃຫ້ກຳລັງໃຈ ຜູ້ເບິ່ງການສະແດງຄວນຕັ້ງໃຈສັງເກດການສະແດງໃນຈຸດສຳຄັນທີ່ຄູ່ແນະນຳ ແລະ ອາດຈົດບັນທຶກສິ່ງທີ່ສັງເກດໄວ້ເພື່ອບໍ່ໃຫ້ລືມ ຜູ້ສະແດງກໍຄວນສະແດງໃຫ້ສົມບົດບາດທີ່ສຸດ.

5.) ການອະທິບາຍເພື່ອສະຫຼຸບການຮຽນ

ເນື່ອງຈາກຈຸດປະສົງຂອງການສະແດງລະຄອນມັງທີ່ຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນຮູ້ກ່ຽວກັບເລື່ອງລາວທີ່ສະແດງ ຜູ້ສອນໃຊ້ການສະແດງເປັນວິທີການທີ່ຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນ ຮູ້ເລື່ອງລາວນັ້ນໆ ໂດຍໃຫ້ເຫັນເປັນພາບ ແລະ ການກະທຳຕົວຈິງ ເຊິ່ງຈະເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ຈຳເລື່ອງນັ້ນໄດ້ຢ່າງດີ. ດັ່ງນັ້ນລະຄອນທີ່ສະແດງອອກມາຈຶ່ງຄວນສະທ້ອນເລື່ອງລາວຄວາມເປັນຈິງນັ້ນໃຫ້ເຫັນຊັດເຈນ, ການອະທິບາຍເພື່ອການຮຽນຮູ້ຈຶ່ງຕ້ອງມັງໄປສູ່ເລື່ອງລາວທີ່ສະແດງອອກມາ ແລະ ການສະແດງຂອງຜູ້ສະແດງວ່າສາມາດເຮັດໄດ້ສົມຈິງປານໃດ.

ຂໍ້ຕົ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດຂອງວິທີສອນໂດຍການໃຊ້ການສະແດງບົດບາດສົມມຸດ

ຂໍ້ຕົ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ເຫັນສິ່ງທີ່ຮຽນມີຊີວິດຂຶ້ນມາ , ເຮັດໃຫ້ການຮຽນຮູ້ມີຄວາມເປັນຈິງ ແລະ ມີຄວາມໝາຍສໍາລັບຜູ້ຮຽນ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໆ ຢ່າງສະໜຸກສະໜານທີ່ມີສ່ວນຮ່ວມໃນການຮຽນຮູ້ສູງ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ເປີດໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ເຝິກທັກສະຕ່າງໆຈຳນວນຫຼາຍເຊັ່ນ: ການເວົ້າ, ການຂຽນ, ການສະແດງອອກ, ການຈັດການ , ການສະແຫວງຫາຂໍ້ມູນຄວາມຮູ້ ແລະ ການເຮັດວຽກຮ່ວມກັນເປັນກຸ່ມ.

ຂໍ້ຈຳກັດ/ ຂໍ້ເສຍ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ໃຊ້ເວລາຫຼາຍ ຕ້ອງມີການຈັດກຽມບົດລະຄອນ ແລະ ການສະແດງທີ່ຫຍຸ້ງຍາກ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຕ້ອງໃຊ້ອຸປະກອນ ເຄື່ອງແຕ່ງກາຍປະກອບການສະແດງ ເຊິ່ງອາດຈະເຮັດໃຫ້ມີຄ່າໃຊ້ຈ່າຍຫຼາຍຂຶ້ນ.
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຕ້ອງອາໄສການສະແຫວງຫາຂໍ້ມູນທີ່ຖືກຕ້ອງ ມາໃຊ້ໃນການຂຽນບົດ ຖ້າຜູ້ສອນບໍ່ມີຂໍ້ມູນພຽງພໍຈະເຮັດໃຫ້ເລື່ອງລາວ ຫຼື ການສະແດງບໍ່ສົມບູນ.

4. ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ອະພິປາຍກຸ່ມຍ່ອຍ

ເປັນວິທີການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີສ່ວນຮ່ວມໃນກິດຈະກຳການຮຽນຮູ້ຢ່າງທົ່ວເຖິງ ມີໂອກາດສະແດງຄວາມຄິດເຫັນແລະແລກປ່ຽນປະສົບການກັນຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ໃນເລື່ອງທີ່ຮຽນກ້ວາງຂຶ້ນ.

4.1 ຄວາມໝາຍ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການອະພິປາຍກຸ່ມຍ່ອຍຄື ຂະບວນການທີ່ຜູ້ສອນໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມວັດຖຸປະສົງທີ່ກຳນົດໂດຍການຈັດຜູ້ຮຽນເປັນກຸ່ມນ້ອຍໆປະມານ 4-8 ຄົນແລະໃຫ້ຜູ້ຮຽນໃນກຸ່ມສົນທະນາແລກປ່ຽນຂໍ້ມູນຄວາມຄິດເຫັນແລະປະສົບການໃນປະເດັນທີ່ກຳນົດແລະສະຫຼຸບຜົນຜົນການອະພິປາຍອອກມາເປັນຂໍ້ສະຫຼຸບຂອງກຸ່ມ.

4.2 ຈຸດປະສົງ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການອະພິປາຍກຸ່ມຍ່ອຍເປັນວິທີການເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີສ່ວນຮ່ວມໃນກິດຈະກຳການຮຽນຮູ້ຢ່າງທົ່ວເຖິງ,ມີໂອກາດສະແດງຄວາມຄິດເຫັນ ແລະ ແລກປ່ຽນປະສົບການທີ່ຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ໃນເລື່ອງທີ່ຮຽນກ້ວາງຂຶ້ນ.

4.3 ອົງປະກອບສຳຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນ.

- ມີການຈັດຜູ້ຮຽນເປັນກຸ່ມຍ່ອຍໆ ກຸ່ມລະປະມານ 4 – 8 ຄົນ
- ມີປະເດັນໃນການອະພິປາຍ
- ມີການສົນທະນາແລກປ່ຽນຄວາມຄິດເຫັນ,ຄວາມຮູ້ສຶກແລະປະສົບການກັນລະຫວ່າງສະມາຊິກໃນກຸ່ມຕາມປະເດັນການອະພິປາຍ
- ມີການສະຫຼຸບຂໍ້ມູນເນື້ອໃນໃຈຄວາມທີ່ສະມາຊິກກຸ່ມໄດ້ອະພິປາຍກັນເປັນຂໍ້ສະຫຼຸບຂອງກຸ່ມ
- ມີການນຳຂໍ້ມູນສະຫຼຸບຂອງກຸ່ມມາໃຊ້ໃນການສະຫຼຸບບົດຮຽນ

4.4 ຂັ້ນຕອນສຳຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງການສອນ

- ຜູ້ສອນຈັດຜູ້ຮຽນອອກເປັນກຸ່ມຍ່ອຍໆ ກຸ່ມລະປະມານ 4 – 8 ຄົນ
- ຜູ້ສອນ,ຜູ້ຮຽນກຳນົດປະເດັນໃນການອະພິປາຍ
- ຜູ້ຮຽນສົນທະນາແລກປ່ຽນຄວາມຄິດເຫັນກັນຕາມປະເດັນອະພິປາຍ
- ຜູ້ຮຽນສະຫຼຸບເນື້ອໃນທີ່ສະມາຊິກກຸ່ມໄດ້ອະພິປາຍຮ່ວມກັນເປັນຂໍ້ສະຫຼຸບຂອງກຸ່ມ
- ຜູ້ສອນແລະຜູ້ຮຽນນຳຂໍ້ສະຫຼຸບຂອງກຸ່ມຍ່ອຍມາໃຊ້ໃນການສະຫຼຸບບົດຮຽນ

4.5 ເທັກນິກແລະຂໍ້ສະເໜີແນະນຳໃນການສອນໂດຍໃຊ້ການອະພິປາຍກຸ່ມຍ່ອຍໃຫ້ມີປະສິດທິພາບ

- ການຈັດຜູ້ຮຽນເປັນກຸ່ມຍ່ອຍ

ຈຳນວນສະມາຊິກໃນກຸ່ມຍ່ອຍຕ້ອງມີປະມານ4-8ຄົນ ຈຳນວນທີ່ເໝາະສົມທີ່ສຸດຄືລະຫວ່າງ4-6ຄົນ ເພາະຖ້າກຸ່ມນ້ອຍເກີນໄປກຸ່ມຈະບໍ່ມີຄວາມຄິດທີ່ຫລາກຫລາຍພຽງພໍ ຖ້າກຸ່ມໃຫຍ່ເກີນໄປ.ສະມາຊິກກຸ່ມຈະມີໂອກາດສະແດງຄວາມຄິດເຫັນໄດ້ໜ້ອຍຫລືໄດ້ບໍ່ທົ່ວເຖິງການແບ່ງຜູ້ຮຽນເຂົ້າກຸ່ມອາດເຮັດດ້ວຍການສຸມເພື່ອໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ມີໂອກາດຮ່ວມກຸ່ມກັບໝູ່ບໍ່ຊ້ຳກັນຫລືອາດຈັດຜູ້ຮຽນເຂົ້າກຸ່ມຕາມຄວາມສາມາດເພື່ອໃຫ້ຜູ້ຮຽນທີ່ເກັ່ງຊ່ວຍເຫລືອຄົນທີ່ຮຽນອ່ອນຄວາມສົນໃຈຄວາມສາມາດຫລືເລືອກຢ່າງເຈາະຈົງຕາມບັນຫາທີ່ມີກໍ່ໄດ້ຂຶ້ນກັບຈຸດປະສົງຂອງຜູ້ສອນແລະສິ່ງທີ່ຈະອະພິປາຍ ເທັກນິກທີ່ໃຊ້ໃນການແບ່ງກຸ່ມມີຫລາກຫລາຍເຊັ່ນ ໃຊ້ການນັດໝາຍເລກໃຜນັບໝາຍເລກດຽວໃຫ້ຮ່ວມກຸ່ມກັນຫລືໃຊ້ການຈັບສະຫລາກເຊິ່ງອາດເປັນໝາຍເລກ ຫຼື ເປັນພາບ.

- ປະເດັນການອະພິປາຍ

ການອະພິປາຍຈຳເປັນຕ້ອງມີໃນການອະພິປາຍ ມີວັດຖຸປະສົງຂອງການອະພິປາຍຊັດເຈນການອະພິປາຍອາດຈະມາຈາກຜູ້ສອນຫລືຜູ້ຮຽນກໍໄດ້ແລ້ວແຕ່ກໍລະນີການອະພິປາຍແຕ່ລະຄັ້ງບໍ່ຄວນມີປະເດັນຫລາຍຈົນເກີນໄປເພາະຈະເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນອະພິປາຍໄດ້ບໍ່ຕັ້ງ

- ການອະພິປາຍ

ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍມີຫຼາຍແບບຜູ້ສອນຄວນເລືອກໃຊ້ໃຫ້ເໝາະສົມກັບຈຸດປະສົງໃນການອະພິປາຍທີ່ດີໂດຍທົ່ວໄປຄວນມີການກຳນົດບົດບາດໜ້າທີ່ຈຳເປັນໃນການອະພິປາຍເຊັ່ນ: ປະທານຫຼືຜູ້ນຳໃນການອະພິປາຍເລຂານຸການ ຜູ້ຈັດບັນທຶກການປະຊຸມແລະຜູ້ຮັກສາເວລາເປັນຕົ້ນ. ນອກຈາກນັ້ນສະມາຊິກໃນກຸ່ມທຸກຄົນຄວນມີຄວາມເຂົ້າໃຈດຶງດູດກັນວ່າຕົນມີບົດບາດໜ້າທີ່ທີ່ຈະຊ່ວຍໃຫ້ກຸ່ມເຮັດວຽກໃຫ້ສຳເລັດ ປ່ອຍໃຫ້ເປັນຄວາມຮັບຜິດຊອບຂອງສະມາຊິກບາງຄົນຫ້າມສະມາຊິກກຸ່ມມື້ອໃຫ້ຄຳຕອບ ຄວາມຮູ້ຄວາມເຂົ້າໃຈວ່າສະມາຊິກກຸ່ມເຮັດຫຍັງແນ່ເຊັ່ນ: ໃຫ້ຂໍ້ມູນສະແດງຄວາມຄິດເຫັນຊັກຖາມ, ໂຕ້ແຍ້ງ, ສະໜັບສະໜູນຊ່ວຍບໍ່ໃຫ້ກຸ່ມອອກເລື່ອງ ບໍ່ໃຫ້ມີການຜູກຂາດການອະທິປາຍໂດຍຜູ້ໃດຜູ້ໜຶ່ງເພາະຈຸດປະສົງຂອງການອະພິປາຍກໍ່ຕົກການໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີໂອກາດສະແດງຄວາມຄິດເຫັນຢ່າງທົ່ວເຖິງແລະໄດ້ຮັບຟັງຄວາມຄິດເຫັນຫຼາຍຢ່າງທີ່ຈະຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີຄວາມຄິດທີ່ເລິກເຊິ່ງແລະຮອບຄອບຂຶ້ນກ່ອນການອະພິປາຍ

- ການສະຫຼຸບຂອງການອະພິປາຍ

ກ່ອນການອະພິປາຍຈະຊຶ້ນສຸດລົງກຸ່ມຈະຕ້ອງມີການສະຫຼຸບກ່ອນການອະພິປາຍເພື່ອໃຫ້ຄຳຕອບ ຜູ້ສອນຄວນບອກສັນຍານແຕ່ກຸ່ມອະພິປາຍປະມານ 3-5ນາທີກ່ອນໝົດເວລາ

- ການສະຫຼຸບບົດຮຽນ

ເມື່ອການອະພິປາຍຊຶ້ນສຸດລົງຜູ້ສອນຈຳເປັນຕ້ອງເຊື່ອມຕໍ່ສິ່ງທີ່ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮ່ວມກັນຄິດກັບບົດຮຽນທີ່ກຳລັງຮຽນຢູ່ໂດຍມີການນຳຂໍ້ສະຫຼຸບຂອງກຸ່ມມາໃຊ້ໃນການສະຫຼຸບບົດຮຽນດ້ວຍ,

- ຂໍ້ສະເໜີແນະນຳເພີ່ມເຕີມກ່ຽວກັບຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບຕ່າງໆ ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍມີຫຼາຍແບບໃນນີ້ຈະຂໍຍົກຕົວຢ່າງແບບທີ່ນິຍົມໃຊ້ກັນຫຼາຍທີ່ສຸດໃນການສອນແລະການປະຊຸມຕ່າງໆມານຳສະເໜີຜູ້ສອນຈະໄດ້ເລືອກໃຊ້ວິທີທີ່ເໝາະສົມກັບຈຸດປະສົງ.

1. ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍກັນເອງ: ກຸ່ມແບບນີ້ປະກອບດ້ວຍສະມາຊິກທີ່ມີຄວາມສົນໃຈໃນເລື່ອງດຽວກັນຈຳນວນປະມານ 6 – 10 ຄົນມາເວົ້າແລກປ່ຽນຄວາມຄິດຄວາມເຫັນກັນເພື່ອສະແດງຫາຂໍ້ຢຸດຕິຫຼືຂໍ້ຕົກລົງຮ່ວມກັນໃນປະເດັນຕ່າງໆ

2. ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍຟື້ນຟູ

ກຸ່ມແບບນີ້ປະກອບດ້ວຍສະມາຊິກ6ຄົນທີ່ນັ່ງໃກ້ກັນ ຫັນໜ້າເຂົ້າຫາກັນເພື່ອແລກປ່ຽນຄວາມຄິດເຫັນໃນປະເດັນໃດປະເດັນໜຶ່ງຈຸດປະສົງຂອງການຈັດກຸ່ມແບບນີ້ກໍ່ເພື່ອເປີດໂອກາດໃຫ້ສະມາຊິກທຸກຄົນມີໂອກາດສະເໜີຄວາມຄິດເຫັນ.

3. ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບຊິນຕິເດດ

ກຸ່ມແບບນີ້ປະກອບດ້ວຍສະມາຊິກລະຫ່ວາງ 6 – 10 ຄົນທີ່ມີຄວາມຮູ້ແລະປະສົບການຕ່າງກັນຈຸດປະສົງກໍ່ເພື່ອໃຫ້ກຸ່ມຍ່ອຍນີ້ໄດ້ສຶກສາພິຈາລະນາເລື່ອງໃດເລື່ອງໜຶ່ງທີ່ໄດ້ຮັບມອບໝາຍຈາກທີ່ປະຊຸມໃຫຍ່ສະມາຊິກຈະແລກປ່ຽນຄວາມຮູ້ແລະປະສົບການໃນເລື່ອງທີ່ໄດ້ຮັບມອບໝາຍໂດຍສຳພັດກັນທຳໜ້າທີ່ປະທານແລະເລຂານຸການ.

4.ການຈັດອະພິປາຍແບບລະດົມສະໜອງ

ກຸ່ມແບບນີ້ປະກອບດ້ວຍສະມາຊິກລະຫ່ວາງ2-6ຄົນທີ່ມີຄວາມຮູ້ແລະປະສົບການພໍສົມຄວນໃນເລື່ອງທີ່ຈະອະພິປາຍຈຸດປະສົງຂອງກຸ່ມນີ້ກໍ່ເພື່ອໃຫ້ຄວາມຄິດຫຼາຍທີ່ສຸດໃນເວລາທີ່ຈັດແລະເພື່ອສະແຫວງຫາຄວາມຄິດສ້າງສັນຈາກກຸ່ມ

5.ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບໂຕະກຸ່ມ

ກຸ່ມແບບນີ້ມີລັກສະນະຄືການອະພິປາຍແບບກຸ່ມຊົນຕິເດຕຄືເປັນການອະພິປາຍໃນປະເດັນທີ່ໄດ້ຮັບມອບໝາຍທີ່ປະຊຸມໃຫ້ຍຫຼືສະມາຊິກເລືອກຕາມໃຈເພື່ອແລກປ່ຽນຄວາມຮູ້ແລະໃຫ້ໄດ້ຂໍ້ສະຫຼຸບຮ່ວມກັນ

6.ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍເປັນຄະນະ

ການຈັດກຸ່ມແບບນີ້ມີຈຸດປະສົງເພື່ອໃຫ້ຜູ້ຊ່ຽວຊານທີ່ມີຄວາມຮູ້ແລະປະສົບການທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບຫົວຂໍ້ໃນການປະຊຸມມາຮ່ວມອະພິປາຍຕໍ່ໜ້າຜູ້ຟັງເພື່ອແລກປ່ຽນຄວາມຄິດເຫັນໂດຍມີຜູ້ດຳເນີນການອະພິປາຍແລະສະຫຼຸບຜົນການອະພິປາຍ

7.ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບສຳມະນາ

ການຈັດກຸ່ມແບບນີ້ມີສະມາຊິກກຸ່ມປະມານ20ຄົນຂຶ້ນໄປ ມີຈຸດປະສົງເພື່ອໃຫ້ສະມາຊິກຮ່ວມກັນສຶກສາຫາຄວາມຮູ້ຫຼືຄື້ນຄິດໃນຫົວຂໍ້ໃດໜຶ່ງໂດຍມີຜູ້ຊ່ຽວຊານໃຫ້ຄຳແນະນຳຊ່ວຍເຫຼືອບັນຫາຂອງການສຳມະນາ

8.ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບຮັດເດີ

ກຸ່ມແບບນີ້ເປັນການຈັດກຸ່ມຍ່ອຍແຍກອອກຈາກກຸ່ມໃໝ່ໂດຍໃຊ້ວິທີການສຸມເພື່ອໃຫ້ສະມາຊິກລະດົມກັນໄປຈຸດປະສົງດຽວກັນ

9.ການຈັດກຸ່ມການອະພິປາຍແບບຮອບວົງ

ກຸ່ມແບບນີ້ປະກອບດ້ວຍສະມາຊິກບໍ່ເກີນ10ຄົນມີຈຸດປະສົງເພື່ອໃຫ້ສະມາຊິກທຸກຄົນມີໂອກາດສະແດງຄວາມຄິດເຫັນ.

10.ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບກຸ່ມຂ້ອນ

ກຸ່ມແບບນີ້ມີລັກສະນະເປັນກຸ່ມຂ້ອນກັນເປັນສອງວົງກຸ່ມວົງໃນແລະກຸ່ມວົງນອກ

11.ການຈັດກຸ່ມອະພິປາຍແບບຕອບຄຳຖາມ

ກຸ່ມນີ້ປະກອບດ້ວຍສະມາຊິກປະມານ6ຄົນເປັນຜູ້ດຳເນີນການອະພິປາຍຄົນມີຜູ້ຊ່ຽວຊານວິທະຍາກອນຮັບເຊີນມາເຄິ່ງໜຶ່ງອີກເຄິ່ງໜຶ່ງເປັນຕົວແທນກຸ່ມຜູ້ຟັງ.

4.6. ຂໍ້ຄື ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດ

ຂໍ້ຄື

- ເປັນວິທີທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນກຸ່ມໃຫ້ມີໂອກາດສະແດງຄວາມຄິດເຫັນ
- ເປັນວິທີສອນຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນແລະຜູ້ສອນໄດ້ຂໍ້ມູນແລະຄວາມຄິດເຫັນທີ່ຫຼາກຫຼາຍ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ສົ່ງເສີມປະຕິສຳພັນທາງສັງຄົມລະຫ່ວາງຜູ້ຮຽນຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ພັດທະນາທັກສະຕ່າງໆ

ຂໍ້ຈຳກັດ/ຂໍ້ເສຍ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ໃຊ້ເວລາຫຼາຍ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຕ້ອງອາໃສສະຖານທີ່ຫຼືບໍລິເວນກ້ວາງ
- ຫາກຜູ້ຮຽນບໍ່ຮູ້ຫຼືບໍ່ປະຕິບັດຕົນຕາມບົດບາດໜ້າທີ່ຂອງສະມາຊິກກຸ່ມທີ່ດຳເນີນການອະພິປາຍອາດບໍ່ໄດ້ຜົນ
- ຫາກສະມາຊິກກຸ່ມແລະຜູ້ສອນບໍ່ສາມາດຄວບຄຸມສະຖານະການໄດ້ຄືອາດເກີດບັນຫາການປະຕິສຳພັນລະຫ່ວາງສະມາຊິກໃນກຸ່ມໄດ້.

5. ວິທີການສອນໂດຍໃຊ້ການສະແດງບົດບາດສົມມຸດ

ການໃຫ້ຜູ້ຮຽນສະແດງບົດບາດສົມມຸດຄຳເພື່ອວັດຖຸປະສົງທີ່ຈະໃຊ້ບົດບາດເປັນເຄື່ອງມືໃນການດຶງດູດຄວາມຮູ້ສຶກນິກົດການຮັບຮູ້ທີ່ນອນຢູ່ໃນສ່ວນເລິກຂອງຜູ້ສະແດງອອກມາເປັນຂໍ້ມູນໃນການຮຽນຮູ້.

5.1 ຄວາມໝາຍ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສະແດງບົດບາດສົມມຸດ ຄືຂະບວນການທີ່ຜູ້ສອນໃຊ້ໃນການຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມວັດຖຸປະສົງທີ່ກຳນົດໂດຍການໃຫ້ຜູ້ຮຽນສວມບົດບາດໃນສະຖານະການເຊິ່ງມີຄວາມໄກ້ຄຽງກັບຄວາມເປັນຈິງ ແລະ ສະແດງອອກຕາມຄວາມຮູ້ສຶກນິກົດຂອງຕົນ ແລະ ນຳເອົາການສະແດງອອກຂອງຜູ້ສະແດງທັງທາງດ້ານຄວາມຮູ້ ຄວາມຄິດ ຄວາມຮູ້ສຶກ ແລະ ພຶດຕິກຳທີ່ສັງເກດພົບມາເປັນຂໍ້ມູນໃນການອະພິປາຍເພື່ອໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມວັດຖຸປະສົງ.

5.2 ວັດຖຸປະສົງ

ວິທີສອນໂດຍໃຊ້ການສະແດງບົດບາດສົມມຸດເປັນວິທີການທີ່ເລັ່ງໃສ່ໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮຽນຮູ້ການເອົາໃຈເຂົ້າມາໄລ່ໄຈເຮົາເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈໃນຄວາມຮູ້ສຶກ ແລະ ພຶດຕິກຳທັງຂອງຕົນເອງ ແລະ ຜູ້ອື່ນ ຫຼື ເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈໃນເລື່ອງຕ່າງໆທີ່ກ່ຽວກັບບົດບາດສົມມຸດທີ່ຕົນສະແດງ.

5.3 ອົງປະກອບສາຄັນ (ທີ່ຂາດບໍ່ໄດ້) ຂອງວິທີສອນ

- ມີສະຖານະການສົມມຸດ ແລະ ບົດບາດສົມມຸດ
- ມີການສະແດງບົດບາດສົມມຸດ
- ມີການອະພິປາຍກ່ຽວກັບຄວາມຮູ້, ຄວາມຄິດ, ຄວາມຮູ້ສຶກ ແລະ ພຶດຕິກຳທີ່ສະແດງອອກຂອງຜູ້ສະແດງ ແລະ ສະຫຼຸບການຮຽນທີ່ໄດ້ຮັບ

5.4 ຂັ້ນຕອນສາຄັນ(ຂາດບໍ່ໄດ້)ຂອງການສອນ

- ຜູ້ສອນ/ຜູ້ຮຽນນຳສະເໜີສະຖານະການສົມມຸດ ແລະ ບົດບາດສົມມຸດ
- ຜູ້ສອນຜູ້ຮຽນເລືອກຜູ້ສະແດງບົດບາດ
- ຜູ້ສອນກຽມຜູ້ສັງເກດການ
- ຜູ້ຮຽນສະແດງບົດບາດ ແລະ ສັງເກດພຶດຕິກຳທີ່ສະແດງ
- ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນອະພິປາຍກ່ຽວກັບຄວາມຮູ້, ຄວາມຄິດ, ຄວາມຮູ້ສຶກ ແລະ ພຶດຕິກຳທີ່ສະແດງອອກຂອງຜູ້ສະແດງ
- ຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ຮຽນສະຫຼຸບການຮຽນທີ່ໄດ້ຮັບຈາກການສະແດງ ແລະ ການຊົມການສະແດງ

5.5 ເຕັກນິກ ແລະ ຂໍ້ຄວນເອົາໃຈໃສ່ໃນການໃຊ້ວິທີສອນໂດຍການໃຊ້ການສະແດງບົດບາດສົມມຸດໃຫ້ມີປະສິດທິພາບ

5.5.1 ການກະກຽມ

ຜູ້ສອນກຳນົດວັດຖຸປະສົງສະເພາະໃຫ້ຊັດເຈນ ແລະ ສ້າງສະຖານະການ ແລະ ບົດບາດສົມມຸດທີ່ຈະຊ່ວຍສະໜອງວັດຖຸປະສົງນັ້ນສະຖານະການ ການສົມມຸດຂຶ້ນມີຄວາມໄກ້ຄຽງກັບຄວາມຈິງສ່ວນຈະມີລາຍລະອຽດໜ້ອຍຫຼາຍສຳໃດເຊິ່ງຂຶ້ນກັບວັດຖຸປະສົງຜູ້ສອນອາດໃຊ້ບົດບາດສົມມຸດແບບລະຄອນເຊິ່ງຈະກຳນົດເລື່ອງລາວໃຫ້ສະແດງແຕ່ບໍ່ມີບົດບາດໃຫ້ຜູ້ສວມບົດບາດຈະຕ້ອງຄິດສະແດງເອງ ຫຼື ອາດໃຊ້ບົດບາດສົມມຸດແບບແກ້ໄຂບັນຫາເຊິ່ງຈະກຳນົດສະຖານະ ທີ່ມີບັນຫາຫຼື ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ ແລະ ອາດໃຫ້ຂໍ້ມູນເພີ່ມເຕີມຫຼາຍຄັ້ງ, ໜ້ອຍຄັ້ງ ເຊິ່ງຜູ້ສວມບົດບາດຈະໃຊ້ຂໍ້ມູນເລົ່ານັ້ນໃນການການສະແດງອອກ ແລະ ແກ້ໄຂບັນຫາຕາມຄວາມຄິດຂອງຕົນ

5.5.2 ການເລີ່ມບົດຮຽນ

ຜູ້ສອນສາມາດກະຕຸ້ນຄວາມສົນໃຈຂອງຜູ້ຮຽນໄດ້ຫຼາຍວິທີເຊັ່ນ: ປະສົບການໃກ້ຕົວຜູ້ຮຽນ ຫຼື ປະສົບທີ່ຜູ້ຮຽນໄດ້ຮັບຈາກປະສົບການຄັ້ງກ່ອນ ໆ ເຂົ້າສູ່ເລື່ອງທີ່ຈະສຶກສາ ຫຼື ອາດໃຊ້ວິທີເລົ່າເລື່ອງລາວ ຫຼື ສະຖານະການ

ການສົມມຸດທິກຽມມາແລ້ວປະໄວ້ທ້າຍດ້ວຍປັນຫາເປັນການກະຕຸ້ນໃຫ້ຜູ້ຮຽນຢາກຄິດ ຢາກຕິດຕາມ ຫຼື ອາດໃຊ້ ວິທີຊີ້ແຈງໃຫ້ຜູ້ຮຽນເຫັນປະໂຫຍດຈາກການເຂົ້າຮ່ວມສະແດງ ແລະ ຊ່ວຍກັນຄິດແກ້ໃຂບັນຫາ

5.5.3 ການເລືອກຜູ້ສະແດງ

ຄວນເລືອກໃຫ້ສອດຄ່ອງກັບຈຸດມຸ່ງໝາຍຂອງການສະແດງເຊັ່ນ: ເລືອກຜູ້ສະທີ່ລັກສະນະເໝາະສົມກັບ ບົດບາດເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ການສະແດງເປັນໄປດ້ວຍດີຕາມວັດຖຸປະສົງໃດຢ່າງໃຈວາ ຫຼື ເລືອກຜູ້ສະແດງທີ່ມີລັກສະນະ ກົງກັນຂ້າມກັບບົດບາດທີ່ກຳນົດໃຫ້ເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ນັກຮຽນຄົນນັ້ນຮັບປະສົບການໃໝ່. ໄດ້ທົດລອງສະແດງພຶດຕິ ກຳໃໝ່ໆ ແລະ ເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈໃນຄວາມຮູ້ສຶກ ແລະ ພຶດຕິກຳຂອງຜູ້ທີ່ມີລັກສະນະຕ່າງໄປຈາກຕົນ ຫຼື ອາດໃຫ້ຜູ້ ຮຽນອະສາໜັກ ຫຼື ເຈາະຈົງເອົາຄົນໄດ້ຄົນໜຶ່ງດ້ວຍວັດຖຸປະສົງທີ່ຕ້ອງການຊ່ວຍໃຫ້ບຸກຄົນນັ້ນເກີດການຮຽນ ຮູ້ເມື່ອໃດຜູ້ສະແດງແລ້ວ ຄວນໃຫ້ຜູ້ສະແດງກຽມການສະແດງໂດຍອາດຝຶກຊ້ອມຕາມຄວາມເໝາະສົມ

5.5.4 ການກຽມຜູ້ສັງເກດການ ຫຼື ຜູ້ຊົມ

ຜູ້ສອນຄວນກຽມຜູ້ຊົມ ແລະ ທາຄວາມເຂົ້າໃຈກັບຜູ້ຊົມວ່າການສະແດງບົດບາດສົມມຸດນີ້ບໍ່ໄດ້ຈັດຂຶ້ນ ເພື່ອຄວາມສະໝຸກເພີດເພີນເທົ່ານັ້ນ ແຕ່ເພື່ອໃຫ້ເກີດການຮຽນຮູ້ເປັນສິ່ງສຳຄັນ ດັ່ງນັ້ນ ຈິ່ງຄວນຊົມດ້ວຍການ ສັງເກດຜູ້ສອນຄວນໃຫ້ຄຳແນະນຳວ່າຄວນສັງເກດແນວໃດ ແລະ ຄວນບັນທຶກຂໍ້ມູນແນວໃດ ແລະ ຜູ້ສອນອາດຮູບ ແບບສັງເກດການໃຫ້ຜູ້ຊົມໃຊ້ໃນການສັງເກດດ້ວຍກໍໄດ້

5.5.5 ການສະແດງ

ກ່ອນການສະແດງອາດມີການຈັດສາກການສະແດງໃຫ້ສົມຈິງສາກການສະແດງອາດເປັນສາກງ່າຍໆ ຫຼື ອາດຈະຈັດໃຫ້ເບິ່ງແບບສວຍງາມແຕ່ບໍ່ຄວນໃຊ້ເວລາຫຼາຍ ແລະ ຄວນຄຳນຶງເຖິງຄວາມປະຫຍັດດ້ວຍເມື່ອທຸກຝ່າຍ ພ້ອມແລ້ວຜູ້ສອນໃຫ້ເລີ່ມການສະແດງ ແລະ ສັງເກດການສະແດງຢ່າງໃກ້ຊິດບໍ່ຄວນມີການຂັດການສະແດງເຄິ່ງ ການນອກຈາກກໍລະນີທີ່ມີປັນຫາເມື່ອການສະແດງອອກນອກທາງຜູ້ສອນອາດຈຳເປັນຕ້ອງໃຫ້ຄຳແນະນຳເມື່ອ ການສະແດງດຳເນີນໄປພໍສົມຄວນແລ້ວຜູ້ສອນຄວນຕັດບົດ ຢຸດການສະແດງ ບໍ່ຄວນໃຫ້ການສະແດງຍືດຍາວຫຼາຍ ຈະເຮັດໃຫ້ຜູ້ຊົມເກີດຄວາມເບື້ອໜ້າຍ ການຕັດບົດຄວນເຮັດເມື່ອເຫັນວ່າການສະແດງໄດ້ໃຫ້ຂໍ້ມູນແກ່ກຸ່ມພຽງພໍທີ່ ຈະນຳມາວິເຄາະ ແລະ ອະພິປາຍເພື່ອໃຫ້ເກີດການຮຽນຮູ້ຕາມວັດຖຸປະສົງ ຫຼື ຕັດບົດເມື່ອການສະແດງຍືດຍາວ ຫຼື ເມື່ອຜູ້ຊົມພໍຈະເດົາໄດ້ວ່າເລື່ອງລາວພໍຈະດຳເນີນຕໍ່ໄປແນວໃດ ຫຼື ກໍລະນີຜູ້ສະແດງເກີດຄວາມສະເທືອນໄຈຫຼາຍ ເກີນໄປຈົນສະແດງຕໍ່ໄປບໍ່ໄດ້ຄວນຕັດບົດທັນທີ

5.5.6 ການວິເຄາະ, ອະພິປາຍຜົນການສະແດງ

ຂັ້ນນີ້ເປັນຂັ້ນສຳຄັນຫຼາຍເພາະເປັນຂັ້ນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ທີ່ຊັດເຈນຕາມວັດຖຸປະສົງ ເຕັກນິກທີ່ຈຳເປັນສຳລັບການອະພິປາຍໃນຫວ່າງນີ້ມີຫຼາຍປະການທີ່ສຳຄັນຄື: ການສຳພາດຄວາມຮູ້ສຶກ ແລະ ຄວາມ ຄິດຂອງຜູ້ສະແດງ ແລະ ຈົດບັນທຶກເທິງກະດານຕໍ່ຈາກນັ້ນຈິ່ງສຳພາດຜູ້ຊົມຫຼືຜູ້ສັງເກດການເຖິງຂໍ້ມູນທີ່ສັງເກດໄດ້ຜູ້ ສອນຄວນບັນທຶກຂໍ້ມູນເລົ່ານີ້ເທິງກະດານເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເຫັນປະເດັນໃນການອະພິປາຍແລະສະຫຼຸບຕໍ່ຈາກນັ້ນ ຈິ່ງໃຫ້ທຸກຝ່າຍຮ່ວມກັນອະພິປາຍສະແດງຄວາມຄິດເຫັນ ແລະ ສະຫຼຸບປະເດັນການຮຽນຮູ້ສິ່ງທີ່ສຳຄັນຫຼາຍທີ່ຜູ້ ສອນຄວນຄຳນຶງໃນການອະພິປາຍຄືການໃຫ້ຜູ້ສະແດງບົດບາດສົມມຸດນີ້ເພື່ອວັດຖຸປະສົງທີ່ຈະໃຊ້ບົດບາດເປັນ ເຄື່ອງມືໃນການດຶງຄວາມຮູ້ສຶກນຶກຄິດ ການຮັບຮູ້ເຈດຕະນາ ແລະ ອັກຄະຕິຕ່າງໆທີ່ເຊື່ອຢູ່ໃນສ່ວນເລິກຂອງຜູ້ ສະແດງອອກມາເພື່ອເປັນຂໍ້ມູນໃນການຮຽນຮູ້ດັ່ງນັ້ນການອະພິປາຍຈິ່ງຕ້ອງເນັ້ນໜັກ ແລະ ອະພິປາຍໃນເລື່ອງຂອງ ພຶດຕິກຳທີ່ຜູ້ສອນບົດບາດສະແດງອອກ ແລະ ຄວາມຮູ້ສຶກທີ່ເປັນເຫດຜົນຊຸກຍູ້ໃຫ້ເກີດການສະແດງພຶດຕິກຳນັ້ນ ອອກມາການສອບຖາມຈິ່ງຄວນເນັ້ນໜັກໃຫ້ຜູ້ສະແດງໄດ້ສະແດງພຶດຕິກຳຫຍັງແນ່ ເປັນຫຍັງຈິ່ງສະແດງພຶດຕິກຳ ແນວນັ້ນ ແລະ ພຶດຕິກຳທີ່ໃຫ້ເກີດຜົນຫຍັງຕາມມາການອະພິປາຍບໍ່ຄວນເນັ້ນໜັກໃຫ້ການສະແດງຂອງຜູ້ສອນ

ບົດບາດວ່າສະແດງໄດ້ດີ-ບໍ່ໄດ້ດີປານໃດນອກຈາກຈະເປັນການອະພິປາຍທີ່ຜິດຈັດຖຸປະສົງ ແລະ ຍັງເຮັດໃຫ້ຜູ້ສະແດງເສຍຄວາມຮູ້ສຶກໄດ້

ໃນກໍລະນີການອະພິປາຍເປັນໄປຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ແລະ ຜູ້ຮຽນສະເໜີແນະແນວຄິດ ແລະ ແນວທາງອື່ນໆເພີ່ມເຕີມແຕກຕ່າງໄປຈາກທີ່ຜູ້ສອນບົດບາດສະແດງຜູ້ສອນອາດໃຫ້ມີການສະແດງ ແລະ ການອະພິປາຍເພີ່ມເຕີມ ແລະ ສູບບົດຮຽນອີກເທື່ອໜຶ່ງ

5.6 ຂໍ້ດີ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດຂອງວິທີສອນໂດຍໃຊ້ບົດບາດສົມມຸດ

ຂໍ້ດີ

- ເປັນວິທີທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດຄວາມເຂົ້າໃຈຄວາມຮູ້ສຶກແລະພຶດຕິກຳຂອງຜູ້ອື່ນໄດ້ຮຽນຮູ້ການເອົາໃຈເຂົ້າມາໃສ່ໃຈເຮົາການເກີດການຮຽນຮູ້ທີ່ເລິກເຊິ່ງ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ນັກຮຽນມີຄວາມເຂົ້າໃຈແລະເກີດການປ່ຽນແປງເຈດຕະນາຄະຕິແລະພຶດຕິກຳຂອງຕົນ
- ເປັນວິທີສອນຊ່ວຍພັດທະນາທັກສະໃນການພົບສະຖານະການຕັດສິນໃຈແລະແກ້ໄຂບັນຫາ
- ເປັນວິທີທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ການຮຽນການສອນມີຄວາມໃກ້ຄຽງກັບສະພາບຄວາມເປັນຈິງ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ເປີດໂອກາດໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີສ່ວນຮ່ວມໃນການຮຽນຫຼາຍຜູ້ຮຽນໄດ້ຮຽນຮູ້ຢ່າງມ່ວນຊື່ນ ແລະ ການຮຽນຮູ້ມີຄວາມໝາຍສຳຄັນຫຼາຍສຳລັບຜູ້ຮຽນເພາະຂໍ້ມູນມາຈາກຜູ້ຮຽນໂດຍກົງ.

ຂໍ້ຈຳກັດ/ຂໍ້ເສຍ

- ເປັນວິທີສອນທີ່ໃຊ້ເວລາຫຼາຍພໍສົມຄວນ
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຕ້ອງອາໄສການກະກຽມ ແລະ ການຈັດການຢ່າງໜ້າແໜ້ນ ຫາກຈັດການບໍ່ໜ້າແໜ້ນອາດເກີດຄວາມສັບສົນຂຶ້ນໄດ້
- ເປັນວິທີທີ່ຕ້ອງອາໄສຄວາມໄວໃນການຮັບຮູ້ ຂອງຜູ້ສອນຫາກຜູ້ສອນຂາດຄຸນສົມບັດນີ້ບໍ່ຮັບຮູ້ບັນຫາທີ່ເກີດຂຶ້ນກັບຜູ້ຮຽນບາງຄົນ ແລະ ບໍ່ໄດ້ແກ້ບັນຫາແຕ່ຕົ້ນອາດເກີດປັນຫາຕໍ່ເນື່ອງໄປໄດ້
- ເປັນວິທີສອນທີ່ຕ້ອງອາໄສຄວາມໄວໃນການຮັບຮູ້ຄວາມສາມາດຂອງຄູໃນການແກ້ໄຂບັນຫາເນື່ອງຈາກການສະແດງຂອງຜູ້ຮຽນອາດບໍ່ເປັນໄປຕາມຄວາມຄາດໝາຍຂອງຜູ້ສອນຈະຕ້ອງສາມາດແກ້ໄຂບັນຫາ ຫຼື ປັບສະຖານະການ ແລະ ປະເດັນໃຫ້ຜູ້ຮຽນເກີດການຮຽນຮູ້ໄດ້.

**ຊີວະສາດ, ວິທະຍາໄລຄູສາລະວັນ
2024**