

Skirtingų žydėjimo indukcijos sąlygų įtaka paprastojo kmyno augimui bei organogenezei

Giedrė Samuolienė^{1,2}, Pavelas Duchovskis^{1,2}

¹ Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės institutas, Kauno g. 30, LT-54333,
Babtai, Kauno r., el. paštas g.samuoliene@lsdi.lt

² Lietuvos žemės ūkio universitetas, LT-53361 Akademija, Kauno r.

Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto fitotroniniame komplekse atlikti tyrimai, siekiant nustatyti foto- ir termoindukcijos sąlygų poveikį paprastojo kmyno augimui ir organogenezei. Objektas – paprastas kmynas (*Carum carvi* L.), veislė – 'Gintaras'. Kmynams suformavus 10 lapų skrotelėje, 120 parų buvo sudarytos tokios žydėjimo indukcijos fotoperiodo ir temperatūros sąlygos: 8 val. – 4 °C, 16 val. – 4 °C. Gauti rezultatai parodė, kad paprastas kmynas, suformavęs 10 asimiliuojančių lapų skrotelėje, buvo visai pabaigęs juvenalinį periodą ir gebėjo priimti tiek ilgus, tiek trumpas dienas fotoindukcinį bei termoindukcinį poveikį. Kmynų žydėjimo indukcijos periodas nėra ilgas, todėl dar esant žemai temperatūrai augaluose vyko evokacijos bei žiedų iniciacijos procesai. Žema teigiama temperatūra nėra kmynų evokacijos procesus ribojantis veiksnys. Ilgesnis žydėjimo indukcijos fotoperiodas skatino organogenezę, tačiau neturėjo esminės įtakos paprastojo kmyno augimo procesams skirtinguose organogenezės etapuose.

Reikšminiai žodžiai: asimiliacinis plotas, augimo rodikliai, fotosintezės produktyvumas, organogenezė.

Įvadas. Siekiant valdyti ir optimizuoti augalų morfogenezės ir derliaus formavimo procesus, būtina turėti žinių apie augimo bei vystymosi fiziologinius procesus ir biomasės pasiskirstymą tarp derliaus komponentų. Tiek augimas, tiek biomasės pasiskirstymas priklauso nuo augalo vystymosi tarpsnio (Fageria ir kt., 2006). Augimas taip pat apibūdina augalų vystymosi metu vykstančius kiekybinius pakitimus. Augalai gali keisti biomasės santykį, paskirstydami ją lapams, stiebams ar šaknims (Evans, Poorter, 2001). Anot Rubatzky ir bendraautorių (2007), šakniavaisiui augant, naujų lapų formavimasis sulėtėja. Žiedynstiebio formavimas ir žydėjimas taip pat labai sulėtina lapų augimą. Augimas remiasi biomasės kaupimu ir gali būti išreiškiamas lapų plotu, ūglių, šaknų ir bendra mase, augalo aukščiu, augimo tempu ar fotosintezės produktyvumu (McCauley, 1990). Žemės ūkyje, vykstant fotosintezės procesui, saulės energija surišama augalų sausoje masėje, todėl šios masės kaupimasis tinka augimui apibūdinti. Fotosintezės produktyvumas priklauso nuo sausos masės prieaugio asimiliacinio lapų ploto vienetui per laiko tarpą. Paprastai ankstyvaisiais augimo tarpsniais fotosintezės

produktyvumas yra mažas, vėliau jis didėja ir maksimumą pasiekia maždaug iki žydėjimo (Fageria ir kt., 2006). Svarbus pasėlių augimo rodiklis yra augalo augimo ir lapų ploto santykis (Montero ir kt., 2000).

Be daugelio ekologinių (temperatūra, fotoperiodas) ir agrotechninių (sėjos laikas, tankumas, maisto medžiagos ar drėgmė ir kt.) sąlygų, kmyną vystymuisi ir žydėjimui labai svarbios ir biologinės savybės. Viena pagrindinių savybių, lemiančių žydėjimo indukciją, yra juvenalinio periodo trukmė bei jo ryšys su vernalizacija. Literatūroje aptinkama nemažai darbų, patvirtinančių žemų temperatūrų svarbą kmyną žydėjimui (Bouwmeester, Kuijpers, 1993; Németh, 1998; Putievsky ir kt., 1994; Rüniger, 1977; Sváb, 1993; Toxopeus, Bouwmeester, 1993). Žinoma, kad dvimečiams ir daugiamečiams augalams temperatūros ir fotoperiodo poveikio santykis yra svarbus žydėjimą kontroliuojantis veiksnys (Bernier ir kt., 1993; Corbesier, Coupland, 2005; Levy, Dean, 1998; Samuolienė ir kt., 2008). Tačiau literatūros duomenimis, kmyną žydėjimo iniciacijai visai nereikia trumpos dienos indukcijos, taip pat nustatyta, kad bet koks fotoperiodinis atsakas pasireiškia tik veikiant žemai temperatūrai (Németh, 1998; Putievsky, 1983). Pasak N. Glusenko (1977), kitas esminis kmyną žydėjimui įtakos turintis vystymosi rodiklis yra šakniavaisio skersmuo. Nustatytas teigiamas linijinis priklausomumas tarp šaknų skersmens ir sukurtos biomasės.

Darbo tikslas – ištirti žydėjimo indukcijos veiksnių poveikį paprastojo kmyno augimui ir organogenezėi.

Tyrimo objektas, metodai ir sąlygos. Bandymai atlikti LSDI fitotroniniame komplekse pagal vegetacinio bandymo metodiką (Žurbicki, 1974). Objektas – paprastasis kmynas (*Carum carvi* L.), veislė – ‘Gintaras’. Kmynams sudygius, juvenalinio periodo metu šiltnamyje buvo palaikoma $21/16 \pm 5$ °C temperatūra ir 16 val. fotoperiodas. Augalams suformavus 10 lapų skrotelėje, atsilikę ir peraugę augalai buvo pašalinti, o vegetaciniai indai su likusiais augalais perkelti į fitotrono kameras. Žydėjimo indukcijos metu sudarytos tokios fotoperiodo ir temperatūros sąlygos: 8 val. – 4 °C, 16 val. – 4 °C. Po 120 parų nustatyti organogenezės etapai pagal F. Kuperman (Куперман, 1982), atlikti biometriniai matavimai. Fotosintezės produktyvumas (Fpr) apskaičiuotas pagal formulę:

$$Fpr = (M/L) \times 0,5 \times T \quad (1), \text{čia:}$$

M – sausios masės priaugis tam tikrame organogenezės etape; L – asimiliacinis plotas tam tikrame organogenezės etape; T – laiko trukmė nuo sudygiimo.

Tyrimo duomenų vidurkio standartinis nuokrypis apskaičiuotas „MS Excel“ programa.

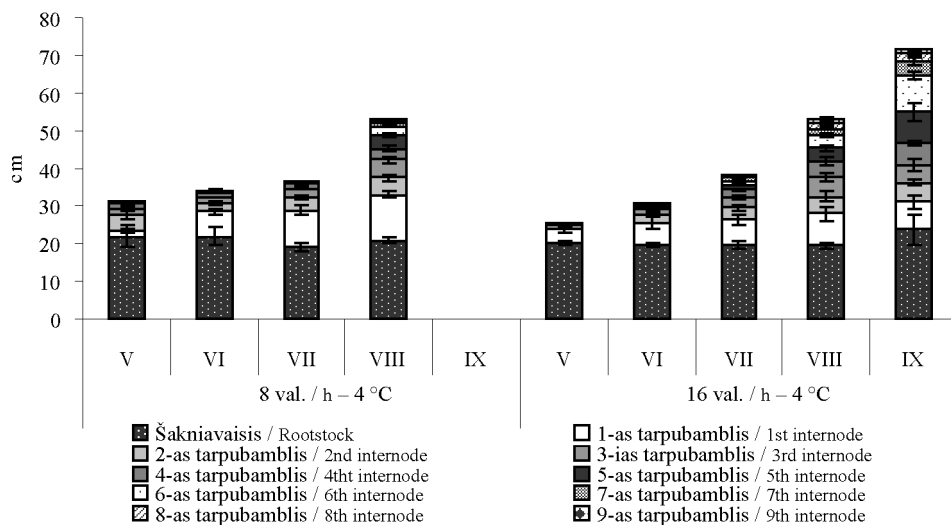
Rezultatai. Nustatyta, kad po 120 parų žydėjimo indukcijos žema temperatūra visi augalai, nesvarbu kokia buvo fotoperiodo trukmė vernalizacijos metu, jau formavo generatyvius organus. Trumpos ir ilgos dienos sąlygomis apie 10 % kmyną buvo žiedų iniciacijos ir diferenciacijos tarpsnio (V organogenezės etapas). Mejozės, mikrosporo-genezės ir gametogenezės procesai (VI ir VII organogenezės etapai; atitinkamai apie 38 ir 28 % augalų) žydėjimo indukcijos metu vyko greičiau esant trumpai dienai. Tačiau ilga diena sąlygojo dvigubai spartesnę augalų žydėjimą (1 lentelė). Taip pat ilga diena lėmė šiek tiek didesnio paprastojo kmyno šakniavaisio skersmens formavimą, nors šie skirtumai ir nebuvo statistiškai reikšmingi (1 lentelė).

1 lentelė. Žydėjimo indukcijos sąlygų poveikis paprastojo kmyno šakniavaisio skersmeniui skirtinguose organogenezės etapuose

Table 1. The influence of flowering induction conditions on the rootstock diameter during different organogenesis stages in common caraway

Poveikis Treatment	8 val. / h – 4 °C		16 val. / h – 4 °C	
Organogenezės etapas Organogenesis stage	Šakniavaisio skersmuo Diameter of rootstock, mm	Žydinčių augalų kiekis Ratio of flowering plants, %	Šakniavaisio skersmuo Diameter of rootstock, mm	Žydinčių augalų kiekis Ratio of flowering plants, %
V	7,5 ± 0,26	12	7,5 ± 0,66	9
VI	7,8 ± 0,51	40	8,5 ± 0,22	26
VII	10,8 ± 0,66	36	11,3 ± 0,87	29
VIII	11,4 ± 0,15	12	10,8 ± 0,44	26
IX	-	-	11,5 ± 1,01	10

Fotoperiodo trukmė žydėjimo indukcijos (termoindukcijos) metu neturėjo įtakos paprastojo kmyno vystymosi tendencijoms. Ji neturėjo didelės įtakos nei šakniavaisių, nei žiedynstiebio formavimui. Reikšmingų skirtumų tarp šakniavaisių ar augalų aukščio, žiedynstiebio tarpubamblių aukščio ir skaičiaus nei trumpos, nei ilgos dienos sąlygomis nenustatyta (pav.). Iš 2 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad augalui vystantis asimiliacinis plotas didėja, nesvarbu koks lapų skaičius. Tai susiję su žiedynstiebio ilgiu kiekviename organogenezės etape (pav.).



Pav. Šakniavaisio ir žiedynstiebio tarpubamblių ilgis (cm) skirtingais paprastojo kmyno organogenezės etapais

Fig. 1. The length (cm) of rootstock and internodes of inflorescence stem during different common caraway organogenesis stages

2 lentelė. Lapų skaičiaus ir asimiliacinio ploto kitimas skirtingais paprastojo kmyno organogenezės etapais

Table 2. The variation of leaves number and assimilating area during different development stages in common caraway

Poveikis Treatment	8 val. / h – 4 °C		16 val. / h – 4 °C	
Organogenezės etapas Organogenesis stage	Lapų skaičius, vnt. Number of leaves (psc.)	Asimiliacinis plotas Assimilating area, cm ²	Lapų skaičius, vnt. Number of leaves (psc.)	Asimiliacinis plotas Assimilating area, cm ²
V	16 ± 2,2	217,7 ± 69,8	19 ± 1,3	209,16 ± 22,6
VI	14 ± 0,4	179,1 ± 24,3	16 ± 1,0	218,4 ± 88,7
VII	21 ± 1,4	330,7 ± 153,5	15 ± 0,8	305,0 ± 19,1
VIII	16 ± 0,9	641,2 ± 230,9	14 ± 0,9	390,3 ± 128,7
IX	-	-	11 ± 1,7	394,0 ± 95,0

Augalams vystantis, abiejų poveikių metu nustatyta ta pati žalios ir sausos masių kaupimo ir jų santykio tendencija (3 lentelė). V–VI organogenezės etapuose žalia ir sausa masė nekito. VII organogenezės etape, baigiantis mejozės procesams, ir iki žydėjimo labai suaktyvėjo žalios, taip pat ir sausos masių kaupimas. Augalams vystantis, žalios ir sausos masių santykis mažėjo. Veikiant ilga diena, šis rodiklis didėjo, išskyrus VII organogenezės etapą. Šiame etape nustatytas didžiausias grynas fotosintezės produktyvumas, nesvarbu kokia buvo fotoperiodo trukmė (3 lentelė).

3 lentelė. Augimo charakteristikos skirtinguose paprastojo kmyno vystymosi etapuose

Table 3. Growth characteristics during different development stages in common caraway

Poveikis Treatment	Organo- genezės etapas Organogenesis stage	Žalia masė Fresh weight, g	Sausa masė Dry weight, g	Žalios ir sausos masių santykis Ratio of fresh and dry weight, %	Grynas fotosintezės produktyvumas, g cm ⁻² parą ⁻¹ Netto photosynthetic productivity (g cm ⁻² day ⁻¹)
8 val. / h – 4 °C	V	12,6 ± 4,41	1,3 ± 0,56	10,2 ± 1,17	2,2 ± 0,34
	VI	12,4 ± 1,36	1,3 ± 0,08	10,4 ± 0,73	2,7 ± 0,48
	VII	32,7 ± 7,17	3,0 ± 0,75	9,1 ± 0,30	3,7 ± 0,78
	VIII	41,8 ± 10,92	3,8 ± 0,97	9,0 ± 0,29	2,2 ± 0,34
	IX	-	-	-	-
16 val. / h – 4 °C	V	13,6 ± 1,18	1,6 ± 0,38	11,6 ± 2,30	2,8 ± 0,41
	VI	13,5 ± 1,93	1,3 ± 0,06	11,6 ± 1,27	2,8 ± 0,66
	VII	22,3 ± 1,72	2,8 ± 0,15	12,8 ± 1,60	3,4 ± 0,33
	VIII	25,9 ± 7,62	2,6 ± 0,69	10,3 ± 1,27	2,5 ± 0,32
	IX	29,6 ± 7,79	3,0 ± 0,89	10,2 ± 0,60	2,8 ± 0,19

Aptarimas. Anot Németh ir bendraautorių (1997), dvimečių kmynų vystymuisi ir žydėjimo iniciacijai didelę reikšmę turi augalų išsivystymo lygis prieš žydėjimo indukciją bei vernalizacijos trukmė. Jau 1977 metais Glusenko nustatė, kad kmynų juvenalinis periodas baigiasi, kai jie suformuoja bent šešis asimiliuojančius lapus ir kai šakniavaisio skersmuo siekia bent 5 mm (Glusenko, 1977). Tačiau buvo pastebėta, kad kmynams, kurių šakniavaisio skersmuo yra mažesnis kaip 8 mm, reikia ilgesnio vernalizacijos periodo (Németh ir kt., 1997). Tai sutampa ir su mūsų duomenimis, kai 120 parų termoindukcijos poveikis lėmė visišką paprastojo kmyno perėjimą iš vegetatyvinės į generatyvinę būseną, tai yra visišką žiedyno ašies šoninių elementų susiformavimą (II evokacijos tarpsnis) (1 lentelė). Todėl kmynai, prieš žydėjimo indukciją suformavę 10 asimiliuojančių lapų, dar žemos temperatūros sąlygomis pa-baigė žydėjimo iniciaciją ir evokaciją. Nustatyta, kad po vernalizacijos tik apie 10 % augalų buvo žiedų iniciacijos ir diferenciacijos tarpsnio, o visi kiti augalai perėję į vėlesnius žydėjimo iniciacijos tarpsnius. V organogenezės etape, nesvarbu kokia buvo fotoperiodo trukmė, visų kmynų šakniavaisių skersmuo buvo 7,5 mm ($\pm 0,6$ mm), o pasibaigus mikrosporogenezei ir prasidėjus gametogenezei (VII organogenezės etapas), šakniavaisių skersmuo buvo apie 11 mm (1 lentelė). Weglarz (1982) duomenimis, kmynai, suformavę 8–15 mm skersmens šakniavaisį, žydėjo 80–95 %. Havalda (1980) stebėjimai parodė, kad sėklų derlius priklauso nuo individų, kurių šakniavaisio skersmuo ne mažesnis kaip 6 mm. Tarp šakniavaisių skersmens ir produkcijos masės buvo nustatytas teigiamas tiesinis priklausomumas. Augalai, kurių šakniavaisio skersmuo buvo didesnis kaip 10 mm, buvo ypač produktyvūs.

Mūsų duomenimis, trumpos dienos (8 val.) sąlygomis prieš mikrosporogenezę nustatytas šiek tiek didesnis asimiliacinis plotas. Tokių rezultatų negauta palaikant ilgą dienos (16 val.) fotoperiodą. Taip pat vėlesniuose organogenezės etapuose nustatyta asimiliacinio ploto didėjimo tendencija, nors lapų skaičius buvo mažesnis (2 lentelė). Anot Rubatzky, ankstyvame šakniavaisio augimo etape ypač padidėja bendras lapų plotas pirmiausia dėl to, kad padidėja atskirų lapų plotas, o ne lapų skaičius (Rubatzky ir kt., 2007). Mūsų duomenys rodo, kad asimiliacinio ploto didėjimas (2 lentelė) susijęs ir su žiedynstiebio vystymusi vėlesniuose organogenezės etapuose (pav.). Apskritai intensyvesnis lapų augimas turėjo teigiamos įtakos ir šakniavaisio augimui (1 ir 2 lentelės).

Atherton ir bendraautoriai nurodo, kad skėtinių šeimos augalų, morkų lapų plotas, žalia ir sausa masės buvo didesnės esant žemai temperatūrai ir 16 val. fotoperiodui (Atherton ir kt., 1990). Mūsų duomenimis, paprastojo kmyno žalia ir sausa masės būna didesnės palaikant trumpą dienos fotoperiodą, tačiau jų santykis didesnis esant ilgai dienai (3 lentelė). Todėl galima teigti, kad kmynuose vykstantys fotosintezės procesai priklauso nuo fotoperiodo trukmės. Žinoma, kad sausa masė rodo organinę sausą masę, gautą iš fotosintezės ir baltymų metabolizmo. O sausa masės padidėjimas augalams augant labiausiai susijęs su intensyvia fotosinteze, kuri priklauso nuo padidėjusio lapų ploto (Frageria ir kt. 2006). Mūsų duomenimis, esant ilgai dienai žalios ir sausos masės santykis kmynuose yra didesnis, tačiau grynasis fotosintezės produktyvumas, palyginti su trumpą dienos poveikiu, iš esmės nesiskiria. Gali būti, kad sausos masės didėjimas, vystantis žiedynstiebiui (3 lentelė), susijęs su aktyviu asimiliatų pernešimu

iš lapų ir stiebų į sėklas (Guindo ir kt., 1994). Kaip žinoma, skėtinių šeimos augalų ir žiedynstiebis, ir lapai gali formuotis vienu metu. Todėl asimiliatų pasiskirstymas tarp vegetatyvinių ir generatyvinių organų taip pat lemia žiedynų dydį. Apibendrinant gautus duomenis galima teigti, kad žydėjimas, o vėliau ir derlius, priklauso nuo suminės fiziologinių procesų bei morfologinio vystymosi sąveikos.

Išvados. Paprastasis kmynas, suformavęs 10 asimiliuojančių lapų skrotelėje, buvo visai pabaigęs juvenalinį periodą ir gebėjo priimti tiek ilgus, tiek trumpas dienas fotoindukcinį bei termoindukcinį poveikį. Esant ilgam foto- ir termoindukcijos periodui, kmynai dar žemos temperatūros sąlygomis baigė žydėjimo indukcijos ir evokacijos procesus. Žema teigiama temperatūra nėra kmynų evokacijos procesus ribojantis veiksnys. Ilgesnis žydėjimo indukcijos fotoperiodas skatino organogenezės tempus, tačiau neturėjo esminės įtakos paprastojo kmyno augimo procesams skirtinguose organogenezės etapuose.

Gauta 2009 02 24

Parengta spausdinti 2009 03 20

Literatūra

1. Atherton J. G., Graigon J., Basher E. A. 1990. Flowering and bolting in carrot. I. Juvenility, cardinal temperatures and thermal time for vernalization. *Journal of Horticultural Science*, 65(4): 423–429.
2. Bernier G., Havelange A., Houssa C., Petitjean A., Lejeune P. 1993. Physiological signals that induce flowering. *The Plant Cell*, 5: 1 147–1 155.
3. Bouwmeester H., Kuijpers A. M. 1993. Relationships between assimilate supply and essential oil accumulation in annual and biennial caraway (*Carum carvi* L.). *Journal Essent. Oil Research*, 5: 143–152.
4. Corbesier L., Coupland G. 2005. Photoperiodic flowering of *Arabidopsis*: integrating genetic and physiological approaches to characterization of the floral stimulus. *Plant, Cell and Environment*, 28: 54–66.
5. Evans J. R., Poorter H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment*, 24: 755–767.
6. Fageria N. K., Baligar V. C., Clark R. B. 2006. *Physiology of crop production*. The Haworth Press, USA.
7. Glusenko N. N. 1977. Results of the study on caraway collection. *Annals of the Research institute for essential oil crops of the ministry of agriculture*. Simferopol.
8. Guindo D., Wells B. R., Norman R. J. 1994. Cultivar and nitrogen rate influence on nitrogen uptake and partitioning in rice. *A Soil Science Soc. Am. Journal*. 58: 840–845.

9. Havalda G. 1980. Comparison experiments on annual and biennial taxa of caraway. Diploma work at the University of Horticulture and Food Industry. Hungary.
10. Levy Y. Y., Dean C. 1998. The transition to flowering. *The Plant Cell*, 10: 1 973–1 989.
11. McCauley G. N. 1990. Sprinkler vs. Flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. *Agronomy Journal*, 82: 677–683.
12. Montero F. J., de Juan J. A., Cuesta A., Brasa A. 2000. Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. *HortScience*, 35(4): 696–698.
13. Németh E., Bernáth J., Pluhár Z. 1997. Factors influencing flower initiation in caraway (*Carum carvi* L.). *Journal of Herbs, Species & Medicinal Plants*, 5(3): 41–50.
14. Németh E. 1998. Caraway. The genus *Carum*. Harwood Academic Publishers, UK.
15. Putievsky E., Ravid U., Dudal N., Katzir I. 1994. A new cultivar of caraway (*Carum carvi* L.) and its essential oil. *Journal of Herbs, Species & Medicinal Plants*, 2: 81–84.
16. Putievsky E. 1983. Temperature and day-length influences on the growth and germination of sweet basil and oregano. *Journal of Horticulture Science*, 58(4): 583–587.
17. Rubatzky V. E., Quiros C. F., Simon P. W. 2007. Carrots and related vegetable *Umbelliferae*. CPI Antony Rowe, UK.
18. Rüniger W. 1977. Flower formation and development. Mezogazdasagi Publisher, Budapest.
19. Samuolienė G., Šabajevienė G., Urbonavičiūtė A., Duchovskis P. 2008. Augalų morfogenezė ir žydėjimo iniciacija. Sodininkystė ir daržininkystė, 27(3): 241–251.
20. Sváb J. 1993. *Carum carvi* L. Wild growing and cultivated medicinal plants. Budapest.
21. Toxopeus I. H., Bowmeester J. 1993. Improvement of caraway essential oil and carvone production in the Netherlands. *Industrial Crops and Products*, 1: 295–301.
22. Weglarz Z. 1982. Effect of agricultural agents on transition of *Carum carvi* L. From vegetative to generative phase. I. Effect of seedling rootstock size on the value of caraway seedlings. *Herba Botanica*, 28: 171–177.
23. Żurbicki Z. 1974. Metodyka doswiadczen wazonowych. PWR I L, Warszawa.
24. Куперман Ф. М., Ржанова Е. И., Мурашев В. В., Львова И. Н., Седова Е. А., Ахундова В. А., Щербина И. П. 1982. Биология развития культурных растений. Высшая школа, Москва.

**The influence of different flowering induction conditions
on the growth and organogenesis of common caraway**

G. Samuolienė, P. Duchovskis

Summary

The experiments were carried out in phytotrone complex of LIH. The aim of these investigations was to determine the influence of photo- and thermo- induction conditions on the growth and organogenesis of common caraway (*Carum carvi* L.), var. 'Gintaras'. For flowering induction common caraways with 10 leaves in rosette were kept in the phytotron chambers with different photo and thermo periods for 120 days: 8 h – 4 °C; 16 h – 4 °C. Our results showed that for common caraway with 10 assimilating leaves the juvenile period is completely finished. And they are able to accept bough short and long day photo inductive and thermo inductive stimulus. The flowering induction period for caraway isn't long; therefore the processes of flowering initiation and evocation for caraway were still going during low temperature conditions. Low positive temperature wasn't limiting factor for evocation processes in caraway. The longer photoperiod during flowering induction accelerated organogenesis, but made no sufficient influence on caraway growth processes during different organogenesis stages.

Key words: assimilating area, growth parameters, organogenesis, photosynthetic productivity.