



Kuvantamisteknologioista ratkaisuja kasvihuonetuotannon haasteisiin



HELSINGIN YLIOPISTO



Maa- ja metsätalousministeriö



Puutarhasäätiö – Trädgårdsfonden rf

Tiivistelmä

Ruokajärjestelmän, ravitsemussuositusten ja kulutustottumusten muuttaminen tarkoittaa, että vihannesten ja marjojen kulutus lisääntyy, joten niiden tuotantoedellytyksiin ja kannattavuuteen on kiinnitettävä huomiota ja tuotantoa on kehitettävä edelleen kestävämmäksi, dataohjautuvammaksi ja automatisoidummaksi.

Vuonna 2021 kasvihuoneyritykset käyttivät 620 GWh (gigawattituntia) sähköä. Kasvua edelliseen tilastovuoteen 2017 verrattuna oli 20 GWh (+ 3,5 %). Vuonna 2024 sähköä käytettiin 799 GWh, eli edelliseen tilastovuoteen 2021 verrattuna kasvua oli jo 29 %. Tätä selittää erityisesti sähkökattiloiden lisääntynyt käyttö kasvihuoneiden lämpöenergian tuotannossa.

Lämmityksen siirtyessä sähköisiin ratkaisuihin ja valotuksen siirtyessä HPS-valaisimista LED-valaisimiin sähkömarkkinoiden rooli kasvaa. LED-valaisimiin siirtyminen vaatii uusia kasvihuoneilmaston hallintaratkaisuja, mutta se tarjoaa myös uusia mahdollisuuksia valospektrin ja valaistusstrategioiden optimointiin.

Lokakuusta 2025 lähtien sähkön hinnat Nord Poolin päivänsisäisessä markkinassa on asetettu 15 minuutin välein, mikä on entisestään lisännyt optimaalisten energiankäyttöstrategioiden ajallista vaihtelua.

Avainsanat

Kasvihuonetuotanto

Kasvien kuvantaminen

Klorofyllifluorometria

Avoin data



Kuvantamisteknologioista ratkaisuja kasvihuonetuotannon haasteisiin (KuKa) -hankkeessa lähestyttiin kasvihuonetuotannon kannattavuutta sekä energian kulutuksen että tuottavuuden kannalta tarkastelemalla erityisesti valotusolosuhteita. Oikein toteutettu kasvihuonevalotus sekä säästää energiaa että edistää kasvien kasvua ja sadon muodostusta.

Sovelsimme kuvantamisteknologioita ja kehitimme useita uusia kuvantamisprotokollia, pääasiassa klorofyllifluorometrian pohjalta tutkiaksemme kasvien fotosynteesin toimintaa. Fotosynteesilaitteisto ei ole ainoastaan kasvien energia-aineenvaihdunnan perusta, vaan se on myös keskeinen tekijä kasvien sopeutumisessa erilaisiin stressitekijöihin. Koekasveina käytettiin kasvihuonekurkkua ja -tomaattia.

Projektin tulokset hyödyttävät tuottajia, kuluttajia, tutkijoita ja päätöksentekijöitä sekä tukevat energiatehokkaan kasvihuonetuotannon kehittämistä Suomessa.

Edelleen kehitettyinä kuvantamisen menetelmät kertovat kasvin toiminnasta reaaliaikaisesti, jolloin mm. sähkönhintaperusteista valotusta voidaan käyttää tehokkaammin ja jonka avulla voidaan lisäksi varhaisessa vaiheessa havaita mahdollisia taudinaiheuttajia.

Viljelijöiden tuottaman datan integrointi tieteelliseen mallinnukseen mahdollistaa tulevaisuudessa tarkempien ja paikallisesti räätälöityjen tekoälypohjaisten viljelyoppaiden luomisen.

Tausta ja tavoitteet

Vuonna 2024 kasvihuoneyritykset käyttivät sähköä 799 GWh (gigawattituntia). Edelliseen tilastovuoteen 2021 verrattuna kasvua oli 29 %. Tätä selittää erityisesti sähkökattiloiden lisääntynyt käyttö kasvihuoneiden lämpöenergian tuotannossa.

Lämmityksen siirtyessä sähköisiin ratkaisuihin ja valituksen siirtyessä HPS-valaisimista LED-valaisimiin sähkömarkkinoiden rooli kasvaa. Lokakuusta 2025 lähtien sähkön hinnat Nord Poolin päivänsäisessä markkinassa on asetettu 15 minuutin välein, mikä on entisestään lisännyt optimaalisten energiankäyttöstrategioiden ajallista vaihtelua.

KuKa-hankkeen päätavoitteet:

- 1) Valituksen käytön optimointi: Miten erilaiset valospektrit ja -intensiteetit vaikuttavat kasvien kasvuun, satoon ja laatuun sekä ”energiaviisaiden” protokollien määrittely.
- 2) Kuvantamisdiagnostiikan kehittäminen: Hyödyntää teknologioita kuten klorofyllifluoresenssia, lämpökamerakuvantamista ja RGB-kameroita sekä luoda menetelmiä kasvien suorituskyvyn ja stressin reaaliaikaiseen mittaamiseen.
- 3) Datanhallinta: Luoda standardoidut FAIR-periaatteiden (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) mukaiset datanhallintakäytännöt ja avoimen tieteen alustat, jotka tukevat datan jakamista sidosryhmien kesken ja mahdollistavat tulevat tekoälymallinnukset ja IoT-sovellukset kasvihuoneissa.
- 4) Sidosryhmät: Varmistaa aktiivinen vuorovaikutus kasvihuonetuottajien kanssa mittauskampanjoiden, sidosryhmätapaamisten sekä ammattilehtijulkaisujen kautta.

Aineisto ja menetelmät

Tässä hankkeessa sovelsimme kuvantamisteknologioita ja kehitimme useita uusia kuvantamisprotokollia, pääasiassa klorofyllifluorometrian pohjalta tutkiaksemme kasvien fotosynteesin toimintaa. Koekasveina käytettiin kasvihuonekurkkua ja -tomaattia.



Helsingin yliopistolla kokeet toteutettiin NaPPI PlantScreen™ Compact sekä Modular -järjestelmillä. Luke Piikkiön tutkimusasemalla sekä tuotantokasvihuoneissa kuvantaminen tehtiin Mobile Plant Phenotyping Platform -järjestelmällä ja FluorPen FP 100-MAX-D -laitteilla (Photon Systems Instruments, Drasov, Tšekki; SMO, Belgia) sekä PI-450-infrapunakameralla (Optris, Saksa).

Tulokset ja niiden vaikuttavuus, johtopäätökset ja haasteet

Keskeiset tulokset

- Kaukopunalisäys on taimilla kustannustehokkaampi kasvunedistämistästrategia kuin pelkkä kokonaisvalomäärän lisääminen.
- Kurkun satokokeessa hintaperusteinen valotus aiheutti poikkeamia fotosynteesiparametreissa ainoastaan kaikkein nuorimmissa lehdistä. Kasvussa, sadontuotossa tai hedelmien laadussa ei havaittu eroja.

Tulosten tieteellinen vaikuttavuus

KuKa-hankkeen tutkimukset tarjoavat selkeää tieteellistä lisäarvoa ja uutta genotyypikohtaista tietoa suomalaisessa tuotannossa käytetyistä lajikkeista.

Menetelmälliset edistysaskeleet korostavat paremman ajallisen resoluution tärkeyttä fotosynteesidynamiikan tutkimisessa. Hanke on myös tukenut useita akateemisia opinnäytetöitä.

Helsingin yliopiston NaPPI:n FAIR-yhteensopiva tietojen julkaiseminen PHIS-järjestelmän kautta ja yhteistyö eurooppalaisten verkostojen kanssa johti siihen, mm. Norjan PheNO-verkosto on ottanut käyttöön NaPPI:n tietokehykset.

Tulosten soveltaminen kasvihuonetuotannossa

Projektin tulokset hyödyttävät tuottajia, kuluttajia, tutkijoita ja päätöksentekijöitä sekä tukevat energiatehokkaan kasvihuonetuotannon kehittämistä Suomessa.

- Vaihtelevat valotusaikataulut, jotka on ajoitettu edullisemman sähkön hinnan ajankohdille, eivät vaikuttaneet negatiivisesti tomaatin ja kurkun kasvuun.
- Myös kaukopunavalon lisäys osoittautui erittäin tehokkaaksi menetelmäksi taimien varhaisen kehityksen nopeuttamiseen, tarjoten kustannustehokkaan vaihtoehdon tavanomaiselle valon määrän kasvattamiselle.
- Yhteistyö kaupallisten viljelijöiden kanssa edesauttoi sekä tutkimusmenetelmien kehittämistä että projektin tulosten käytännön hyödyntämistä.

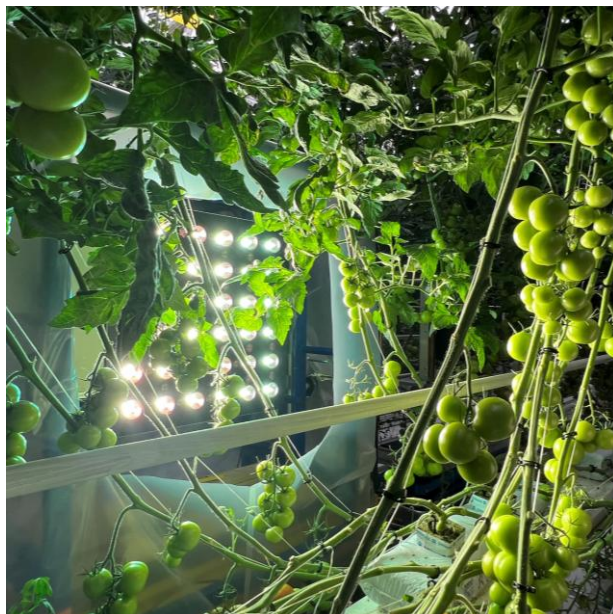
Viljelykäytäntöjen lisäksi hankkeen tulokset tarjoavat laajempia mahdollisuuksia innovaatioille ja alan kehitykselle. Uudet kuvantamis- ja stressinhavaitsemismenetelmät luovat pohjaa tuleville täsmäviljelyn tuotteille ja digitaalisille palveluille.

Tulevaisuudessa odotetaan, että sovellukset laajenevat myös tekoälypohjaiseen satoennustamiseen, IoT-pohjaiseen kasvihuoneiden hallintaan sekä tautien varhaiseen havaitsemiseen.

Toimintasuositukset

Tulevaisuudessa tutkimuksessa tulisi priorisoida:

- Pitkäaikaisten valovasteiden mekanistiset tutkimukset.
- Optimoidut ja edullisemmat valotuksen sovellusstrategiat.
- Edistyneiden kuvantamismenetelmien tutkiminen stressin ja taudinaiheuttajien varhaiseen havaitsemisessa.



Ympäristöolosuhdedatan integroinnin merkitys kasvihuonemallinnuksessa ja -tuotannossa kasvaa entisestään:

- Kasvihuoneissa tulisi käyttää ja hyödyntää enemmän integroituja ympäristöä (ml. mikroilmastoja) ja kasvien toimintaa mittaavia sensoreita.
- Uusia tekniikoita kasvien fysiologian reaaliaikaiseen seurantaan suoraan tuotantoympäristössä, kuten klorofyllifluoresenssiin perustuvien kuvantamismenetelmien käyttöä, on kehitettävä edelleen.
- Edelleen kehitettyinä kuvantamismenetelmät kertovat kasvin toiminnasta reaaliaikaisesti, jolloin sähkönhintaperusteista valotusta voidaan käyttää tehokkaammin ja jonka avulla voidaan lisäksi varhaisessa vaiheessa havaita mahdollisia taudinaiheuttajia.

Tällä hetkellä menetelmiä testataan tutkimusdatan keruuseen, tallennukseen ja integrointiin:

- Standardoitujen, avoimen pääsyn tietokantojen kehittämistä tulee jatkaa.
- Helppokäyttöisten sähköisten lomakkeiden kehittäminen on tarpeen metadatan keruun sujuvoittamiseksi.
- Viljelijöiden tuottaman datan integrointi tieteelliseen mallinnukseen mahdollistaa tarkempien ja paikallisesti räätälöityjen tekoälypohjaisten viljelyoppaiden luomisen.



Yhteystiedot

Titta Kotilainen
Luonnonvarakeskus
titta.kotilainen@luke.fi

Kristiina Himanen
Helsingin yliopisto
kristiina.himanen@helsinki.fi

Hankkeen loppuraportti:
<https://www.luke.fi/fi/documents/kukahankkeen-loppuraportti>