

2 Kynnysarvot integroidussa kasvinsuojelussa

Irene Vänninen, MTT (versio 8.8.2006)

Kasvintuhoojien tarkkailu ja torjuntapäätösten tekeminen tarkkailun tuloksiin perustuen on integroidun kasvinsuojelun keskeinen elementti. Kynnysarvoihin perustuvat torjuntapäätökset tekevät mahdolliseksi taloudellisen torjunnan ja siten kustannusten säästön. Itse asiassa juuri tarkkailu ja kynnysarvoihin perustuvat torjuntapäätökset erottavat integroidun kasvinsuojelun muista kasvinsuojelustrategioista. Kasvinsuojelun ei voi sanoa olevan integroitua, jos tarkkailu ja jonkinasteinen kynnysarvojen soveltaminen –silloin kun ne ovat relevantteja - ei kuulu osaksi sitä.

2.1 *Bioekonomia*

Kynnysarvojen soveltamisen pohjana on **bioekonomia**, tieteenala, joka tutkii luonnonvarojen taloudellista hyödyntämistä ja yhdistää eliöiden populaatiodynamiikan ja taloudellisten järjestelmien dynamiikan toisiinsa; menetelmät pohjaavat matemaattiseen mallintamiseen ja optimaalisen säätelyn teoriaan (<http://en.wikibooks.org/wiki/Bioeconomics>). Kasvinsuojeluun ja kynnysarvoihin sovellettuna bioekonomia tarkastelee sitä, miten kasvintuhoojien runsaus ja tuholaisista kasveille aiheutuneet vioitukset johtavat taloudellisiin menetyksiin ja miten taloudelliset menetykset saataisiin pidettyä hallinnassa (Pedigo 1996). Kynnysarvoja kehitettäessä ja sovellettaessa tiedot tuholaisen biologiasta ja ekologiasta (elämänkierto, käyttäytyminen, fenologia, populaatiodynamiikka) yhdistetään tarkkailua ja tunnistusmenetelmiä koskevan tietouden kanssa (näytteenotto, lajinmääritys).

Kasvinsuojelun päämääränä on alentaa tuholaisien määrä sellaiselle tasolle, jolla ne eivät enää aiheuta taloudellista tuhoa viljelykasville. Bioekonomia tuottaa ohjenuorat torjuntatoimenpiteitä koskevaa päätöksentekoa varten, jotta torjunnan kustannukset eivät nousisi hyötyjä suuremmiksi. Näistä ohjenuorista tärkein on taloudellisen tuhon kynnyksen käsite (economic injury level, EIL) (Stern et al. 1959). Vaikka se määriteltiin jo 1950-luvulla, vasta 1972 kynnysarvo laskettiin ensimmäistä kertaa kasvintuhoojalle (Stone & Pedigo 1972).

Taloudellisen tuhon kynnys on itse asiassa käsiteperhe, joka muodostuu kolmesta toisiinsa liittyvästä käsitteestä. Ne ovat **taloudellinen tuho** (economic damage), **taloudellisen tuhon kynnys** (economic injury level) ja **taloudellinen torjuntakynnys** (economic threshold, ET). Näiden kolmen käsitteen lisäksi on hyvä ymmärtää myös **tuhorajan** (damage boundary) käsite.

2.2 *Vioitus ja tuho*

Vioituksen (injury) ja tuhon (damage) käsitteet on syytä pitää erillään toisistaan. **Vioitus** tarkoittaa tuholaisen läsnäolosta tai toiminnasta kasville aiheutuvaa fyysistä haittaa, esim. syötyä lehtisolukkoa, kasvun epämuodostumia, johtojänteistä imettyä ravintoa, versoihin kaivettuja käytäviä jne. Vioitus haittaa kasvin fysiologisia prosesseja ja siitä aiheutuu kasville stressiä (poikkeama optimaalisesta fysiologisesta tilasta), joka puolestaan johtaa **tuhoon** tietyn tason

ylittäessään. Tuholla ei tässä yhteydessä tarkoiteta kasvin täydellistä tuhoutumista, niin että se lakkaa olemasta biologisena entiteettinä, vaan viljelykasvin kunnon tai käyttökelpoisuuden heikentymistä, joka voidaan **mitata** alentuneena sadon määränä, heikentyneenä laatuna tai esteettisen ulkonäön huonontumisena. Tuhona ilmaistu mitattu vioitus on muutettavissa **rahaksi**. Tuhon käsite on siis aina yhteydessä ihmisen asettamiin taloudellisiin päämääriin, joihin hän kasvia viljelemällä pyrkii.

Mikä tahansa määrä tuholaisia kasveilla voi periaatteessa aiheuttaa vioitusta, mutta kaikki vioitustasot eivät suinkaan aiheuta tuhoa. Taloudellisen tuhon alapuolelle jää **tuhoraja** (damage boundary), **pienin mitattavissa oleva vioitus** (Pedigo et al. 1986), josta ei vielä aiheudu taloudellista tuhoa. Viotuksen määrä tuhorajan kohdalla on siis aina pienempi kuin taloudellista tuhoa aiheuttavan vioituksen määrä. Tosin arvokkailla tuotantokasveilla nämä kaksi vioitustasoa voivat olla hyvin lähellä toisiaan.

2.3 *Taloudellinen tuho*

Taloudellinen tuho on **sentasoinen kasville aiheutuva vioitus, jonka torjuminen tuottaa yhtä suuren hyödyn kuin mitä torjunta maksaa**. Taloudellinen tuho voidaan ilmaista matemaattisesti seuraavalla kaavalla (Southwood & Norton 1973): Torjuntakustannus on sadon arvo käytettäessä torjuntaa miinus sadon arvo ilman torjuntaa:

$$C(a)=[Y[s(a)] * P_s(a)] - [Y(s) * P(s)]$$

jossa C=torjunnan kustannus

Y=sadon määrä per satoyksikkö (esim. tonnia/pinta-ala, kpl/m²)

P=satoyksikön arvo rahassa

s=tuholaisen aiheuttaman vioituksen suuruus

a=torjuntatoimenpide

[s(a)] = tuholaisen aiheuttaman vioituksen suuruus torjuntaa käytettäessä.

Siihen kohtaan vioitustasoa, jossa torjunnasta saatava hyöty kattaa torjunnan kustannukset (eli $[Y[s(a)] * P_s(a)] = [Y(s) * P(s)]$), sijoittuu **kannattavuuskynnys** (gain threshold):

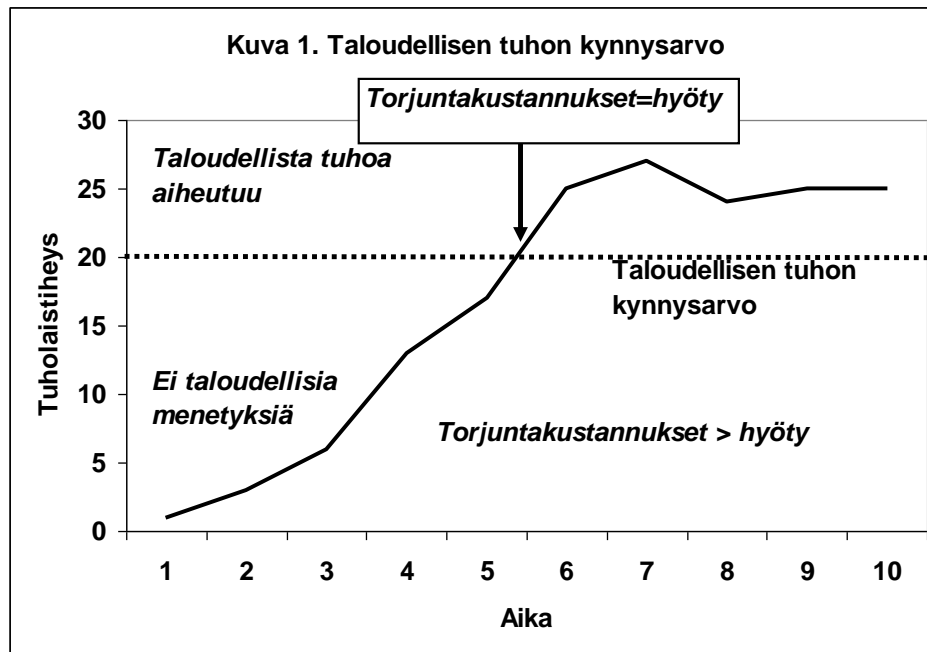
$$\text{kannattavuuskynnys (esim. leikkoruusuja kpl/m}^2\text{)} = \frac{\text{torjuntakustannus (2 €/m}^2\text{)}}{\text{ruusu sadon markkina-arvo (0,8 €/kpl)}}$$

Esimerkissä torjuntakustannukset leikkoruusu viljelmällä neliötä kohti ovat 2 € ja ruusuista saadaan hintaa 0,80 €/kpl. Tällöin kannattavuuskynnys on 2,5 kukkaa/m². Sadonmenetyksen pitää siis olla vähintään 2,5 kukkaa/m² ennen kuin torjuntaan kannattaa esimerkin torjuntakustannuksilla ylipäättään ryhtyä.

Kannattavuuskynnuksesta päästään etenemään taloudellisen tuhon kynnyksarvoon suhteuttamalla tuholaisen aiheuttama vioitus ja siitä seuraava taloudellinen tuho kannattavuuskynnykseen.

2.4 Taloudellisen ja esteettisen tuhon kynnys(arvo)

Taloudellisen tuhon kynnys on pienin tuholaistiheys, joka aiheuttaa taloudellista tuhoa. Se on siis samassa kohdassa kuin kannattavuuskynnys, josta taloudellisen tuhon alue alkaa. **Taloudellisen tuhon kynnyksiä mitataan siis tuholaisen populaatiotiheydellä.** Sen sijaan taloudellista tuhoa mitataan viime kädessä tulonmenetyksenä, rahana. Kyseessä on siis kaksi eri näkökulmaa samaan asiaan.



Kuva 1. Taloudellisen tuhon kynnysarvo (katkoviiva) on tuholaistiheys, jossa torjunnasta saatava hyöty on yhtä suuri kuin torjunnan kustannus. Viivan alapuolella tuholaista ei kannata torjua, koska saatava hyöty ei kompensoisi torjuntakustannuksia.

Koristekasveilla ei useinkaan voida käyttää taloudellisen tuhon kynnysarvon käsitettä “puhtaana”, vaan se korvataan **esteettisen tuhon kynnysarvon** käsitteellä. Esteettisen tuhon kynnysarvojen ongelmana on, että ne ovat subjektiivisia: esteettistä haittaa ei pysty mittaamaan objektiivisesti esim. biomassan tai hedelmäntuotannon alentumisena suhteessa tuholaisten määrään. Esteettisen tuhon taso on ns. katsojan silmässä, eikä esteettiseksi haitaksi koettu tuholaismäärä välttämättä aiheuta kasville esim. vegetatiivisen biomassan vähenemää tai kukkatuotannon alentumista. Varsinaisia biologisia vioituksia ei siis välttämättä vielä synny sillä tasolla, joka jo tulkitaan esteettiseksi tuhoksi. Käytännössä koristekasvien esteettisen tuhon kynnysarvo määräytyy niitä ostavien asiakkaiden esteettisten mieltymysten perusteella – jotkut sietävät enemmän vioitusta kuin toiset, jotkut taas eivät ollenkaan.

2.4.1 Taloudellisen ja esteettisen tuhon kynnyksarvon laskeminen

Taloudellisen tuhon kynnyksen laskemiseksi on tiedettävä, miten paljon yksi tuholainen pystyy vioittamaan kasvia ja miten paljon vioituksesta aiheutuu taloudellista tuhoa. Nämä tiedot yhdistetään taloudellisiin tietoihin: mikä on odotettavissa olevan sadon määrä ja sen markkinahinta, paljonko tuholaisen torjuntakäsittely maksaa ja miten paljon torjuntakäsittely alentaa voitusta, ts. mikä on torjuntateho. Kun kaikki nämä tiedot yhdistetään, saadaan **teoreettinen tuholaistiheys** (tuholaisia per pinta-ala- tai kasviyksikkö), johon voidaan verrata todellisella hetkellä kasvustosta havaittua tuholaistiheyttä ja päättää, kannattaako torjuntaan ryhtyä.

Taloudellisen tuhon kynnyksarvo lasketaan kaavalla:

$$EIL = \frac{C}{VDIK}$$

jossa

C = torjuntakustannus (esim. €/ha tai m²) (sis. sekä materiaali- että levityskustannukset)

V = sadon markkina-arvo (esim. €/tonni, €/kpl leikkoruusuja tai ruukkukukkia) (huom. C:V=kannattavuuskynnys, joka laskettiin edellä)

I = yhden tuholaisen aiheuttaman vioituksen määrä (esim. syöty lehtipinta-ala per kasvi per tuholainen)

D = vioituksesta (I) aiheutuva taloudellinen tuho (sadonmenetyksen suhteessa vioituksen suuruuteen). Huom. jos I:n ja D:n suhde on voimakkaan kurvilineaarinen, yksittäisen D-arvon tilalla on käytettävä näiden arvojen suhdetta kuvaavaa funktiota (Pedigo et al. 1986).

K = torjuntakäsittelystä johtuva vioituksen vähenemä, % (torjuntakäsittelyn teho)

Taloudellisen tuhon kynnyksarvosta päästää laskemaan torjunnan kustannus ko. kynnyksarvoa käytettäessä: $C = EIL * K * D * I * V$.

Taloudellisen tuhon kynnyksarvon laskemiseen tarvittavista muuttujista yhden tuholaisen aiheuttaman vioituksen ja siitä aiheutuvan taloudellisen tuhon suuruuden määrittäminen ei ole helppo tehtävä. Molemmat parametrit ovat kuitenkin keskeisiä tämän kynnyksarvon määrittämisessä. Tämä muodostaa erityisesti kukkaviljelyssä käytännön ongelman: em. arvojen määrittäminen vaatii yksityiskohtaista kokeellista tutkimusta, johon resurssit eivät yleensä riitä kukkalajien ja –lajikkeiden runsauden takia.

Myös esteettisen tuhon kynnyksarvo voidaan laskea em. kaavaa käyttäen. Esimerkiksi atsaleaa vioittavalle ludelajille on määritetty esteettisen tuhon kynnyksarvo siten, että vioitusyksikkönä (I) on käytetty yhden luteen elinaikaan vioittamaa lehtipinta-alaa (4,91 cm²). Vioituksesta aiheutuvan esteettisen tuhon (D) mittana käytetään vioittuneen lehtipinta-alan ja kuluttajien ostohalukkuuden välistä suhdetta kuvaavan regressiosuoran kulmakerrointa. Kuluttajan laatutietoisuutta kuvaavan ostohalukkuuden tilalla voidaan käyttää viljelijän valmiutta aloittaa torjunta hänen havaitessaan vioituksen nousevan tietylle tasolle (Klingeman et al. 2001); molemmat suureet kuvaavat

subjektiivista käsitystä lopputuotteen esteettisestä arvosta ja ovat tässä tapauksessa hyvin lähellä toisiaan.

2.4.2 Taloudellisen tuhon kynnsarvon rajoitukset

Taloudellisen tuhon kynnsarvolla ei ole käyttöä silloin, jos tuholainen on jo aiheuttanut peruuttamatonta vioitusta, jota kasvi ei kykene kompensoimaan, vaikka torjuntaan ryhdyttäisiinkin ja se hävittäisi kasveilla olevat tuholaiset. Jos kasvintuhooja on sellainen, että hyvin pienetkin sen esiintymät johtavat peruuttamattomaan tuhoon, kynnsarvokäsitteellä ei ole merkitystä. Tällöin torjunnan on pakko olla ennaltaehkäisevää. Tällaisia ovat muun muassa eräät kasvitaudit.

On muistettava, että taloudellisen tuhon kynnsarvot on laskettu perustuen tarkkaan tietoon tuholaisten tiheydestä ja niiden runsauden vaikutuksesta kasveille aiheutuvaan vioitukseen. Käytännön viljelytilanteissa tuholaisten runsautta pystytään vain hyvin harvoin määrittämään näin tarkasti, joten kynnsarvojen soveltamiseen liittyy aina epävarmuusriski: osataanko torjunta aloittaa tarpeeksi aikaisin, jotta tuholaisen runsastuminen yli taloudellisen tuhon kynnsarvon saadaan estetyksi, tai tehdäänkö päätös tarpeettomasta torjunnasta. Kynnsarvoille ei siis kannata ”sokeutua”, ts. ei saa tuudittautua siihen uskoon, että niiden avulla torjunta osataan ja voidaan aina tehdä ajoissa. Ennaltaehkäiseviä torjuntamenetelmiä ja tuholaisten pääsyn estämistä kasvustoon ei saa lyödä laimin.

Taloudellisen tuhon kynnsarvo ei ole aina sama, vaan vaihtelee etenkin sadon markkina-arvosta ja valitun torjuntamenetelmän kustannuksista riippuen. Torjuntakustannukset (C) ovat suorassa suhteessa taloudellisen tuhon kynnsarvoon. Mitä suuremmat torjuntakustannukset, sitä korkeampi on taloudellisen tuhon kynnsarvo. Sadon markkina-arvo puolestaan on käänteisessä suhteessa taloudellisen tuhon kynnsarvoon. Mitä suurempi on sadon markkina-arvo, sitä alhaisempi on taloudellisen tuhon kynnsarvo eli sitä pienemmällä tuholaistiheyksillä torjuntaan kannattaa ryhtyä (kunhan ei aliteta tuhorajaa). Vaihtelua aiheuttavat myös olosuhteet, jotka vaikuttavat tuholaisten tuhokykyyn. Esimerkiksi perhostoukkien kyky hyödyntää isäntäkasvinsa biomassaa riippuu siitä, mitkä ympäristötekijät, esim. kuivuus, stressaavat kasveja. Kuivina vuosina yhden toukan aiheuttama vioitus on suurempi kuin kasvien saadessa riittävästi vettä (Hutchins 1997). Kuivana vuonna taloudellisen tuhon kynnsarvo on siten alhaisempi kuin normaalin sademäärän vallitessa.

Taloudellisen tuhon kynnyksen mittayksikkönä on siis tuholaistiheys (esim. perhostoukkia/ruusurivimetri, vihannespunkteja/m² Pelargonium-kasvustoa, toukkia/ha tai kasvi). Viime kädessä taloudellisen tuhon kynnsarvo tarkoittaa kuitenkin vioituksen määrää, jonka **indeksinä** vain käytetään tuholaistiheyttä. Käytännössä on nimittäin useimmiten – joskaan ei aina - helpointa laskea tuholaisten lukumäärä kuin mitata niiden aiheuttamaa vioitusta. Taloudellisen tuhon kynnsarvoa voidaan siksi ajatella myös **vioitusekvivalenttina**, joka tarkoittaa yhden tuholaisyksilön keskimääräisenä elinaikanaan tuottaman vioituksen määrää (esim. grammaa syötyä lehtisolukkoa) (Pedigo et al. 1986).

Vioitusekvivalentti on potentiaalinen arvo: ne tuholaiset, jotka kuolevat ennenaikaisesti, saavat tietysti aikaan vain osan potentiaalisesta vioituksesta. Tuholaistiheytenä ilmaistu taloudellisen tuhon kynnsarvo ei itse asiassa ota huomioon tarkkailuhetken jälkeistä kuolleisuutta. Johtopäätös torjuntatarpeesta voi silloin olla ennenaikainen eli tuholaistiheyden päätellään ylittäneen

taloudellisen tuhon kynnyksarvon, vaikka näytteenottohetkeä seuraavan viikon aikana tiheys tulisi laskemaan havaitusta ja jäisi taloudellisen tuhon kynnyksen alapuolelle. Tämä ongelma on otettava huomioon kuitenkin lähinnä vain tuholaisilla, joiden perättäiset sukupolvet ovat selvästi erillisiä toisistaan.

2.4.3 Ympäristön huomioiva taloudellisen tuhon kynnyksarvo

Jos taloudellisen tuhon kynnyksarvon määrittäminen on melko monimutkainen tehtävä, ympäristönsuojelullisen aspektin sisällyttäminen siihen monimutkaistaa määrittämistä entisestään. Tällöin ei oteta huomioon pelkästään viljelijälle aiheutuvia kustannuksia ja hyötyjä, vaan hyödyt ja kustannukset arvioidaan myös ympäristön kannalta. Tällöin torjuntakustannuksiin (C) voidaan sisällyttää torjuntakäsittelystä ympäristölle aiheutuvat haitat, kuten hyötyeliöiden vahingoittuminen. Tämän tyyppisten hyötyjen muuttaminen rahaksi on melkoisen haastavaa.

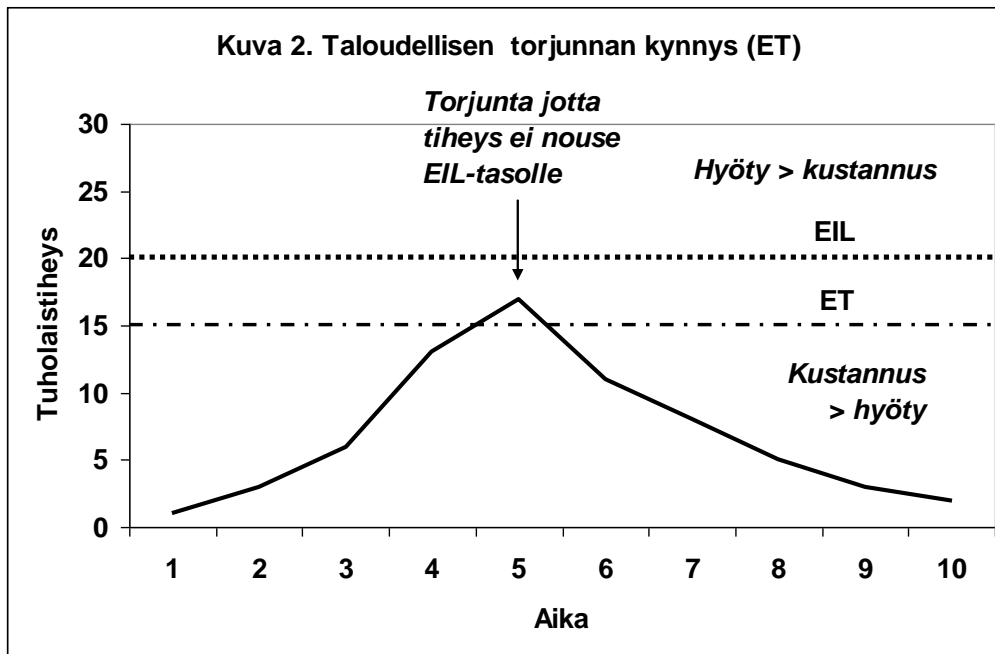
Taloudellisen tuhon kynnyksarvoon voidaan vaikuttaa myös muiden muuttujien kuin torjuntakustannusten kautta. Esimerkiksi D-muuttujaa eli vioituksesta kasveille aiheutuvan tuhon suuruutta voidaan vähentää vaikuttamalla kasvin tuholaisensieto- tai -kompensaatiokykyyn vaikkapa jalostuksen avulla. (Pedigo & Higley 1992).

2.5 **Taloudellisen torjunnan kynnyksarvo (torjuntakynnys)**

Taloudellisen tuhon kynnyksarvo oli siis teoreettinen arvo, joka voidaan laskea tuholaiselle mittaamalla tietyt tuholaisen ja sen isäntäkasvin välistä biologista vuorovaikutusta kuvaavat parametrit ja yhdistämällä ne viljelyä koskeviin taloudellisiin perusparametreihin. Käytännössä torjuntatoimenpiteet on tietenkin aloitettava hieman **ennen** kuin tuholaisitiheys nousee taloudellisen tuhon kynnyksarvon tasolle, koska harvan torjuntamenetelmän teho on niin nopea, ettei synny minkäänlaista viivettä torjunnan ja sen tehon näkymisen välillä.

Sitä tuholaisitiheyttä, jolloin torjunta on viimeistään aloitettava, jotta tuholaisitiheys ei ylittäisi taloudellisen tuhon kynnyksarvoa, sanotaan **taloudellisen torjunnan kynnykseksi** (economic threshold). Tästä kynnyksarvosta käytetään myös nimitystä **toimintakynnys** (action threshold). Se on **operationaalinen** kynnyksarvo, joka siis ilmaistaan tuholaisitiheytenä, mutta tuholaisitiheyttä käytetään nyt **ajankohdan indeksinä**, joka kertoo, milloin torjunta on viimeistään aloitettava, jotta tuholaisitiheys ei ehdi nousta liian suureksi.

Taloudellisen torjunnan kynnyksarvon määräytymiseen vaikuttavat useat eri tekijät. Ensinnäkin se on riippuvainen taloudellisen tuhon kynnyksarvosta, joten jälkimmäisen muotoutumiseen vaikuttavat tekijät määräävät myös taloudellisen torjunnan kynnyksarvoa. Muita tekijöitä ovat tuholaisen ja sen isäntäkasvin fenologia, tuholaisen populaation kasvunopeus, kasvin vioittumisnopeus sekä torjuntamenetelmän vaikutusnopeus (torjuntamenetelmä, erit. kemiallinen vs. biologinen, koska jälkimmäiseen liittyy aina pitempi viive; tehoaine ja sen vaikutustapa, formulaatio, antotapa, käsittelyolosuhteet, tuholaisen koko jne.). Tästä syystä taloudellisen torjunnan kynnyksarvot eivät ole yhtä tarkkoja kuin taloudellisen tuhon kynnyksarvot. Edellisten määrittämisessä noudatetaan useampaa kuin yhtä tapaa, joiden tuottamat tarkkuudet ovat hyvin vaihtelevia.



Kuva 2. Taloudellisen torjunnan kynnyksiarvo (ET) eli toimintakynnyksiarvo suhteessa taloudellisen tuhon kynnyksiarvoon (EIL).

2.5.1 Subjektiiivinen ET

Subjektiiiviset taloudellisen torjunnan kynnyksiarvot eivät perustu tarkkoihin mittauksiin eivätkä tarkasti määritettyyn taloudellisen tuhon kynnyksiarvoon, vaan lähinnä kasvinsuojelusta vastaavien henkilöiden kokemukseen tuholaisten haitallisuudesta viljelykasveille. Subjektiiivisia kynnyksiarvoja nimitetäänkin torjunnan **nimelliskynnyksiarvoiksi** (Poston et al. 1983). Todennäköisesti valtaosa käytössä olevista taloudellisen torjunnan kynnyksiarvoista on juuri nimelliskynnyksiarvoja. Esimerkiksi kukkaviljelyssä on mahdoton kehittää tarkkoja, taloudellisen tuhon kynnyksiarvoihin perustuvia torjuntakynnyksiarvoja kaikille tuholaisten kaikilla mahdollisilla kasvilajeilla ja –lajikkeilla – jo yksin tutkimusresurssien vähäisyys estää tämän. Nimelliskynnyksiarvojen käyttö eli niiden kehittäminen yrityksissä vallitsevissa olosuhteissa kasvinsuojeluvastaavien toimesta on silloin ainoa keino soveltaa populaation tiheystietoja torjuntapäätösten tekemisessä. Torjunnan nimelliskynnyksiarvot ovat kuitenkin tyhjää parempia ja usein niiden soveltamisesta seuraa torjunta-aineiden käytön väheneminen.

Subjektiiivisiksi kynnyksiarvoiksi lukeutuvat useimmat kelta-ansaseurantaan pohjautuvat torjuntakynnyksiarvosuositukset. Sellaisia on tehty muun muassa etelän- ja ansarijauhiaiselle joulutähdellä (Steiner 1993), kalifornianripsiäiselle leikkoruusulla ja erällä ruukkukukilla (Schmidt & Frey 1995).

2.5.2 Objektiivinen ET

Objektiiviset taloudellisen torjunnan kynnsarvot perustuvat mitattuihin taloudellisen tuhon kynnsarvoihin, joten ne muuttuvat jälkimmäisen muuttuessa esimerkiksi lopputuotteen markkinahinnasta ja torjuntakustannuksista riippuen. Objektiivisia torjuntakynnsarvoja perustuen kasveilta laskettuihin tuholaismääriin on määritetty koristekasveilla muun muassa vihannespunkeille leikkoruusulla (Casey & Parrella 2002), eräillä ruukkukukilla (Opit et al. 2005) ja puumaisilla koristekasveilla (Raupp et al. 1989; Sadof & Alexander 1993). Etelänjauhiaiselle joulutähdellä on määritelty objektiivinen esteettinen torjuntakynnsarvo, joka perustuu kasvien myyntikelpoisuuden subjektiiviseen arvioon ja suhteessa kasveilla myyntitihetkellä olevaan jauhiaistoukkamäärään (Sanderson et al. 1994).

Objektiivisista taloudellisen torjunnan kynnsarvoista yleisimpiä ovat **kiinteät torjuntakynnsarvot**. Niissä torjuntakynnyksen arvo on tietty prosenttiosuus taloudellisen tuhon kynnsarvosta, esim. 50 % tai 80 %. EIL voi toki muuttua kasvukauden kuluessa tai eri vuosina, mutta ET:n osuus EIL:sta pysyy aina samana. Kiinteä torjunnan kynnsarvo ei ota huomioon tuholaisen populaation kasvunopeutta tai voitituksen kehittymisnopeutta, mutta on asetettu niin alhaiseksi, että torjuntapäätöksissä tehtävät virheet ovat pikemminkin tarpeettomia ruiskutuksia kuin virheellisiä ruiskuttamatta jättämisiä. Kiinteä ET on hyvin karkea kynnsarvo, mutta käyttökelpoinen silloin kun tuholaisen populaatiodynamiikka tunnetaan huonosti.

Kuvaileva eli deskriptiivinen torjuntakynnsarvo on jo tarkempi kuin kiinteä. Kokeellisesti on määritetty tilastollinen malli tuholaisen aiheuttaman voitituksen kehittymisestä. Kuvailevan kynnsarvon käyttö edellyttää, että tuholaismääriä tarkkaillaan standardoidulla näytteenottomenetelmällä, jonka perusteella nähdään, miten populaatiokoko kehittyy ennen kuin se lähestyy tuhorajaa ja edelleen taloudellisen torjunnan kynnyttä. Populaation jatkokehityksen ennustamiseen käytetään tarkkailun tuloksia ja olemassaolevaa tilastollista mallia, johon tarkkailutulokset syötetään. Kuvailevan torjuntakynnsarvon heikkoutena on se, että tulevaa populaatiotiheyden ja voitituksen kehitystä ennustetaan menneisiin arvoihin perustuen, joilla ei välttämättä ole keskenään kovin voimakasta yhteyttä.

2.6 *Tuholaisten runsauden arviointi tarkkailemalla*

Jotta viljelijä siis tietäisi, onko häneä ryhdyttävä torjuntatoimenpiteisiin vaiko ei, hänen on pystyttävä arvioimaan kasveilla tai kasvustossa olevien tuholaisten lukumäärä. Tämän tiedon viljelijä saa tarkkailemalla kasvustoa tietyn menetelmän mukaan eli ottamalla näytteitä. Näytteenottomenetelmän käytännöllisyys määräytyy sen mukaan, miten paljon se antaa tietoa tuholaistilanteesta suhteessa tarkkailuun kuluvaan aikaan ja työvoimaan. Käytännössä näytteenottosuositukset joutuvat aina käyttäjien testiin ja yleensä ne hioutuvat käyttäjien toimesta alkuperäistä versiota yksinkertaisemmiksi. Kokemus ja tekemällä oppiminen ovat hyviä neuvonantajia. (Binns et al. 2000).

Koristekasveille on kehitetty sekä kasvusto- että ansatarkkailuun perustuvia tarkkailumenetelmiä tuholaisten runsauden arvioimiseksi.

2.6.3 Näytteenottotavat

Kasvintuhoojalajin biologia ja käyttäytyminen määräävät, millaisia menetelmiä sen havaitsemiseksi voidaan käyttää. Näytteenotto tarkkailua varten voi perustua absoluuttisen tai suhteellisen tuholaistiheyden laskentaan tai pelkkiin populaatiokoon indikaattoreihin.

Absoluuttista tuholaistiheyttä mitataan pinta-alayksikköä (ha tai m² kasvustoa tai rivimetriä kohti). Suhteellinen tuholaistiheys saadaan esimerkiksi haavimalla näytteitä kasvustosta, jolloin tiheys ilmaistaan tuholaisten määränä per yksi haavin veto tai haavinvetosarja. Kelta-ansojen, feromoni-, valo- ja imupyydysten, vatinäytteiden (tuholaisten kopistelu kasveilta vatiin tms. astiaan tai paperille) antama tuholaistiheys on myös suhteellinen. Populaatioindekseinä voivat toimia tuholaisten jätökset tai voitusjäljet – itse tuholaisia ei siis lasketa ollenkaan, vaan käsitys niiden runsaudesta perustuu epäsuoriin todisteisiin niiden läsnäolosta. (Binns et al. 2000).

2.6.4 Näytteiden lukumäärä

Näytteenottotapa tuholaistiheyden määrittämiseksi riippuu siitä, millä tavalla tuholaiset ovat jakautuneet kasvustoon ja mikä on näytteenoton tarkoitus.

Yleensä tuholaiset eivät esiinny kasvustossa tasaisesti, vaan aggregoitunut jakauma on yleisin. Tällöin tuholaisia on jossain paikoissa enemmän, toisissa vain vähän tai ei ollenkaan. Tämä vaikuttaa siihen, miten näytteenottokohdat sijaitsevat suhteessa toisiinsa ja miten monta näytettä täytyy ottaa, jotta saavutetaan haluttu tarkkuus. Näytteitä otetaan yleensä satunnaisesti sieltä täältä kasvustosta, mutta jos tuholaisten tiedetään esiintyvän tietyn kaavan mukaisesti (esimerkiksi rajoittuvan esiintymisessään kasvuston reunoille tai johonkin muuhon osaan viljelystä), tämä täytyy ottaa näytteenotto-ohjelmassa huomioon.

Tarkkuuden taso riippuu siitä, mihin tarkkailulla tähdätään: torjuntapäätösten tekemiseenkö vai tuholaistiheyttä kuvaavien parametrien estimointiin esimerkiksi tutkimustarkoituksia varten. Kun tarkkailun tarkoitus on torjuntapäätöksen tekeminen, näytteenoton ei tarvitse olla niin intensiivistä ja aikaavievää kaikilla tuholaistiheyksillä kuin jälkimmäisessä tarkoituksessa, joka vaatii aina samaa tarkkuutta olipa tuholaisia minkä verran tahansa.

Näyteyksiköitä voi olla vakiomäärä per pinta-ala, kasvimäärä tai kasvustossa kuljettava matka. Perättäisotantaan (sequential sampling) perustuva tarkkailumenetelmä sen sijaan ei perustu vakiomäärään näytteitä, vaan näytteitä otetaan siihen asti, että näyteyksiköistä laskettujen tuholaisten kumulatiivisiin lukumääriin perustuva kynnyksarvotaulukko kertoo, miten toimitaan: jätetäänkö torjumatta, jatketaan näytteenottoa koska tietoa ei ole vielä tarpeeksi jotta päätöksen voisi tehdä, vai ryhdytäänkö torjuntaan välittömästi. Näin voidaan toimia silloin, kun tuholaisten runsautta ei tarvitse tietää tarkalleen, riittää kunhan tiedetään, millaisiin tiheysluokkiin ne jakautuvat. Tiheysluokat voivat olla esim. alhainen, keskinkertainen ja korkea. Perättäisotantaan

perustuva näytteenottomenetelmää sovelletaan jauhiaisten tarkkailussa joulutähdellä (Sanderson et al. 1994).

Näyteyksiköistä lasketaan joko kaikki tuholaiset koko näytteestä tai osasta sitä. Esimerkiksi jos kelta-ansoihin on tullut paljon lentäviä hyönteisiä, ne lasketaan vain tietyistä vakio-osasta ansaa (Heinz et al. 1992). Näytteestä voidaan laskea myös vain tietyn ylärajan alittavat tuholaismäärät tai näyte vain todetaan joko tuholaisia sisältäväksi tai puhtaaksi (% saastuneita näytteitä). Jälkimmäisen laskutavan taustalla on tilastollinen tieto siitä, millaista tuholaiستیheyttä tietty saastuneisuusaste vastaa. On-ei –periaatteeseen pohjautuva näytteenottomenetelmä on kehitetty vihannespunkin tarkkailua varten Pelargoniumille torjuntakynnysarvon havaitsemiseksi (Opit et al. 2003; 2004; 2005).

Lähteet:

- Binns, MR, Nyrop JP, van der Werf W (2000). Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides. CABI Publishing, New York, London. 284 pp.
- Casey, C, Parrella M 2002. Distribution, thresholds, and biological control of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on bent cane cut roses in California. Bulletin-OILB/SROP 25(1), 41-44.
- Heinz F, Parrella MP, Newman JP 1992. Time-efficient use of yellow sticky traps in monitoring insect populations. Journal of Economic Entomology 85, 2263-2269.
- Higley LG, Pedigo, LP 1993. Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. Agriculture, Ecosystems and Environment 46, 233-243.
- Hutchins SH 1997. IPM: Opportunities and Challenges for the Private Sector. Radcliffe's IPM World Textbook. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/hutchins.htm>
- Klingeman WE, Buntin GD, Braman SK 2001. Using aesthetic assessments of azalea lace bug (Heteroptera:Tingidae) feeding injury to provide thresholds for pest management decisions. Journal of Economic Entomology 94(5), 1187-1192.
- Metcalf RL, Luckmann WH 1982. Introduction to insect pest management. Second edition. John Wiley & Sons. New York. 577 pp.
- Opit, G.P., D.C. Margolies, and J.R. Nechols. 2003. Within-plant distribution of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on ivy geranium: development of a presence-absence sampling plan. J. Econ. Entomol. 96, 482-488.
- Opit, G.P., J.R. Nechols, and D.C. Margolies. 2004. Biological control of twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on ivy geranium: assessment of predator release ratios. Biological Control 29, 445-452.
- Opit, G.P., Y. Chen, K.A. Williams, J.R. Nechols, and D.C. Margolies. 2005. Plant age, fertilization and biological control affect damage caused by twospotted spider mites on ivy geranium: development of action thresholds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130(2), 159-166.
- Pedigo KP, Higley LG 1992. The economic injury level concept and environmental quality: a new perspective. American Entomologist 38, 12-21.
- Pedigo KP, Hutchins Sh H, Higley LG 1986. Economic injury levels in theory and practice. Annual Review of Entomology 31, 341-368.
- Pedigo, L. P., and G. D. Buntin (Eds.). 1994. Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL. 616 pp.
- Poston, F. L., L. P. Pedigo, and S. M. Welch. 1983. Economic injury levels: reality and practicality. Bulletin of the Entomological Society of America 29, 49-53.
- Raupp MJ, Davidson JA, Koehler CS, Sadof CS, Reichelderfer 1989. Economic and aesthetic injury levels and thresholds for insect pests of ornamental plants. Florida Entomologist 22, 403-407.
- Raupp, MJ, Davidson JA, Koehler CS, Sadof CS, Reichelderfer K 1988. Decision making considerations for aesthetic damage caused by pests. Bulletin of Entomological Society of America 34, 24-32.
- Sadof CS, Alexander CM 1993. Limitations of cost-benefit-based aesthetic injury levels for managing two-spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). Journal of Economic Entomology 86, 1516-1521.
- Sadof CS, Raup MJ 1996. Aesthetic thresholds and their development. In, LP Higley, LP Pedigo (eds.), Economic thresholds for integrated pest management. University of Nebraska Press, Lincoln, NE, pp. 203-226.
- Sanderson, J. P., P. M. Davis, and R. Ferrentino. 1994. A better, easier, way to sample for whiteflies on poinsettias. Greenhouse Manager 71, 73-76.

- Schmidt ME & Frey JE 1995. Monitoring of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, in greenhouses. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 60: 847-850.
- Southwood TRE, Norton GA 1973. Economic aspects of pest management strategies and decisions. Ecol. Soc. Austr., Mem. 1, 168-184.
- Steiner, MY 1993. IPM practices in greenhouse poinsettia crops in Alberta, Canada. Bulletin-OILB/SROP. 1993; 16(8), 133-134.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch, and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29, 81-101.
- Stone JD, Pedigo LP 1972. Development of economic-injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. - Journal of Economic Entomology 65, 197-201.