



Heikki M. T. Hokkanen, Ingeborg Menzler-Hokkanen ja Suvi R. K. Hokkanen

Mitä tapahtuu, jos pölyttäjät katoavat?

Kukkakasvien pölytys on suurimmalta osin pölyttäjähönteisten varassa. Pölyttäjien määrät ovat romahtaneet sekä maailmanlaajuisesti että Suomessa. Tämän vuoksi luonnonkasvilajit harvinaistuvat ja monien tärkeiden viljelykasvien sadot heikkenevät sekä vaihtelevat enemmän. Erityisesti hedelmä- ja marjakasvien, pähkinöiden, sekä vihannesten tuotanto kärsii, mikä vaikeuttaa tärkeiden vitamiinien (etenkin A ja C), antioksidanttien sekä hivenaineiden saantia ravinnostamme. Entistä suuremman osan maapallon väestöstä on vaikeampi saavuttaa tasapainoinen ja terveellinen ruokavalio. Maailmanlaajuisesti tämän arvioidaan johtavan miljardien ihmisten riittämättömään A-vitamiiniin ja folaattien saantiin sekä lisäävän kuolleisuutta vuositasolla yli miljoonalla henkilöllä.

Pölyttäjähönteisten vähenemistä on havaittu pitkään. Ensimmäinen vahva tieteellinen näyttö siitä saatiin vuonna 2006, jolloin julkaistiin tutkimus pölyttävien mesipistiäisten ja kukkakärpästen kannanmuutoksista Britanniassa ja Alankomaissa (1). Tutkimuksessa verrattiin aikaa ennen ja jälkeen vuotta 1980 ja havaittiin, että mesipistiäisten monimuotoisuus oli vähentynyt kummassakin maassa ja että sillä oli yhteys erikoistuneitten kasvilajien harvinaistumiseen. Pölyttäjäkato on sittemmin osoittautunut laajaksi ja jatkuvaksi koko maailman käsittäväksi ongelmaksi (2).

Uusimmat tutkimustulokset (3) osoittavat, että ilmiö koskeekin kaikkia lentäviä hyönteisiä. Pitkäaikaisseurannassa 64 luonnonsuojelualueella Saksassa havaittiin lentävien hyönteisten vähentyneen yli 75 % viimeisten 27 vuoden aikana. Trendi on ollut tasainen, eikä sille ole löydetty selvää syytä. Sopivien elinympäristöjen vähenemistä sekä ympäristön yleistä kemikalisoitumista – etenkin tuholaisten torjunta-aineitten laajamittaista käyttöä – pidetään tärkeimpinä syinä tähän kehitykseen (2,3). Huolestuttavaa näissä tuloksissa on se, että hyönteiskato koskee myös luonnonsuoje-

lualueita, eikä pelkästään ihmistoiminnan piirissä suoraan olevia, intensiivisen maankäytön alueita.

Näiden tulosten pelätään heijastuvan ravintoketjuihin sekä luonnon kokonaisuuden toimintaan – tästä ensimmäiset vahvat merkit saatiin Ranskasta maaliskuussa 2018 (4). Tällöin julkaistiin pitkäaikaisseurantatieto, jonka mukaan maaseutuympäristön linnusto on kokonaisuudessaan vähentynyt 17 viime vuoden aikana kolmanneksella. Useat yleiset lajit ovat vähentyneet huomattavasti enemmän, kuten niittykirvinen (hyönteissyöjä) 68 %. Syyksi tutkijat esittävät hyönteisravinnon vähenemistä. Mitä vaikutuksia tällaisilla muutoksilla voisi olla kasvistoon, ruokatuotantoon tai kansanterveyteen?

Minne kukat ovat kadonneet?

Kukkakasveja on ollut maapallolla noin 130 miljoonaa vuotta. Hyönteispölytys muodostui evoluution aikana nopeasti vallitsevaksi kukkakasvien pölytysmuodoksi, koska se on huomattavasti tuulipölytystä tehokkaampaa ja varmempaa – se toimii myös tyynellä sää-

lä. Arvioidaan, että 70–80 % kaikista kukkasveista vaatii hyönteispölytyksen. Kasvien pölytysvaatimuksista tai täsmällisistä kunkin kasvin pölyttäjälajeista on vain vähän tietoa. Pölytysvaatimukset ovat tuntemattomia yli puolelle Britannian lähes 1 800 luonnonvaraisesta kasvilajista. Kuitenkin tiedetään, että suuri osa Britannian uhanalaisista kasvilajeista on riippuvaisia hyönteispölytyksestä ja että uhanalaiset lajit listaavan punaisen kirjan 321 kasvilajista 27 % kuuluu heimoihin, jotka katsotaan mesipistiäispölytteiseksi (5). Puolan punainen kirja puolestaan listaa 469 uhanalaista kasvilajia, joista 53 % katsotaan hyönteispölytteisiksi (6). Pölyttäjälajiston kaventuminen on uhka monille kasvilajeille, vaikka pölyttäjähönteisten kokonaismäärä pysyisikin ennallaan. Pölyttäjälajiston yksipuolistumista on todettu myös Suomessa (7).

Ravinnontuotanto vaikeuksissa

Pölyttäjäpula vaikuttaa ravinnontuotantoon ja ruuan saatavuuteen ainakin neljällä tavalla: sadot pienenevät, satovaihtelut lisääntyvät, tuotteiden laatu heikkenee ja ruokahävikki kasvaa. Vaikka globaalista ravinnontuotosta 60 % perustuu kasveihin, jotka eivät tarvitse hyönteispölytystä, valtaosa viljellyistä kasvilajeista sitä kuitenkin vaatii: 1 300 viljelykasvilajista 70 % tarvitsee pölyttäjiä (8). Kahtasataa maata koskeva katsaus puolestaan osoitti, että 87 johtavan ravintokasvin sato tai siementuotanto riippuu pölyttäjistä, ja vain 28 lajia ei niitä tarvitse (9).

Pölyttäjäkadon vaikutukset hyönteispölytyksestä hyötyvien viljelykasvien satojen pienemiseen on todettu myös Suomessa (10). Selvimmin tämä näkyy Varsinais-Suomessa, missä maatalous on intensiivisintä ja maa-alasta peltona on suurempi osa kuin muualla Suomessa. Siellä rypsin sadot ovat viimeisten 15 vuoden aikana pienentyneet tasaisesti niin, että sadon alennus on nyt noin kolmannes koko sadosta. Kuitenkin useissa muissa maakunnissa, joissa pölyttäjäkato ilmeisesti on vähäisempää, rypsin sadot ovat pysyneet ennallaan tai jopa suurentuneet. Sama koskee useita muita hyönteispölytyksestä hyötyviä kasveja, kuten herukoita ja kuminaa.

Pölytysvaje voidaan todentaa myös käänteisesti. Varmistetaan riittävä pölyttäjien läsnäolo viljelyksillä esimerkiksi tuomalla sinne mehiläispesä, ja vertaamalla satoa viljelyksiin, missä lisäpölytystä ei ole. Näissä kokeissa on Suomessakin järjestelmällisesti todettu suuria sadonlisäyksiä muun muassa rypsilä ja rapsilla (20–50 %:n lisäys sadossa), kuminalla ja tattarilla (yli kaksinkertainen sato), mansikalla (20–50 %:n lisäys) ja omenalla. Tällaiset satojen suurentumiset osoittavat suurta puutetta pölyttäjistä mutta myös sitä, että viljelykasviemme satopotentialista jää suuri osa saavuttamatta, samalla kun tuhlataan muita tuotantopanoksia kuten lannoitusta ja kasvinsuojelua.

Satojen keskimääräisen pienemisen lisäksi pölyttäjävajeen on osoitettu suurentavan hyönteispölytteisten viljelykasvien vuosittaisia satovaihteluita (11). Maailmanlaajuisesti tämä lisää paineita raivata lisää peltoalaa, koska ravinnontuotannon kokonaisuudessaan on lisääntytävä.

Täydellinen pölytys parantaa paitsi hyönteispölytteisten viljelykasvien sadon määrää myös sen laatua: rypsilä ja rapsilla siementen öljypitoisuus suurenee, ja hedelmä- ja marjakasveilla laatu luokka paranee, marjat suurenevät, ja vitamiinipitoisuus kasvaa entisestään. Lisäksi on osoitettu, että näiden tuotteiden kauppareiluisuus ja säilyvyysaika paranevat (12), mikä voi suuresti pienentää ruokahävikkiä ja parantaa ruokaturvaa.

Ravintokasvien ohella valtaosa tunnetuista rohdos- ja lääkekasveista tarvitsee myös hyönteispölytystä, jolloin pölyttäjäkantojen heikkeneminen ja lajiston kapeneminen uhkaavat suoraan tämän toimialan tuotantoa. Bulgariassa luetellaan virallisesti 712 lääkekasvilajia, ja niistä 85 % joko vaatii hyönteispölytystä ainakin siementuotantoa varten tai muutoin hyötyy siitä (13). Esimerkkeinä tunnetuista lääkekasveista, jotka tarvitsevat pölyttäjiä, ovat muun muassa kaikki katkerot (*Gentiana spp*), karhunköynnös (*Calystegia sepium*), rohtosuopayrtti (*Saponaria officinalis*) ja lemmonmarja (*Atropa belladonna*). Rohtosapen (*Centaurium erythraea*) pölytyksestä vastaavat normaalisti kukkakärpäset, mutta pölyttäjien puuttuessa laji kykenee itse pölytykseen. Kosmetiikkateol-

lisuus ja toiminnallisten elintarvikkeiden tuottajat käyttävät suuria määriä metsämarjoja kuten mustikkaa ja puolukkaa (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*), jotka tarvitsevat välttämättä hyönteispölytystä tuottaakseen marjoja (14). Luonnonpölyttäjien kannat vaihtelevat joskus suuresti, ja katovuosina myös metsämarjojen sadot jäävät pieniksi. Näin oli katovuonna 2008, jolloin osoitettiin kokeellisesti, että mustikasta saatiin 12 kertaa suurempi sato, kun pölytys turvattiin keinotekoisesti (15).

Pölyttäjäkadon vaikutus kansanterveyteen

Pölyttäjäkadon ehkä merkittävin seuraus voi olla se, että on entistä vaikeampi koostaa tasapainoista, terveellistä ruokavaliota. Hyönteispölytteiset kasvit tuottavat yli 90 % tarvitsemastamme C-vitamiinista, ja kaiken lykopeenin sekä lähes koko määrää antioksidanteista, kuten beetakryptoksantiinista ja beetatokoferolista. Valtaosa syömistämme kasvivasvoista, A-vitamiinista ja muista karotinoideista, kalsiumista, fluoridista, sekä foolihaposta, on peräisin hyönteispölytteisistä kasveista (16). Useampi tutkimus on viime vuosina yrittänyt selvittää, mitä pölyttäjien katoaminen vaikuttaisi kansanterveyteen. Tulokset viittaavat siihen, että seurauksena olisi laajaa, vakavaa sairastuvuutta ja puutostiloja.

Vähiten kehittyneissä maissa 71 miljoonaa uutta ihmistä tulisi kärsimään A-vitamiinin puutoksesta, ja 2,2 miljardia ihmistä, jotka jo nyt saavat riittämättömästi A-vitamiinia, kärsisivät vielä suuremmasta puutoksesta (17). Riittämätön A-vitamiinin saanti johtaa hämärään heikkenemiseen tai menetykseen, ja vakavissa tapauksissa sokeuteen, immuniijärjestelmän heikkenemiseen, luuston kehityksen häiriöihin ja ihon sekä limakalvojen kuivumiseen ja sarveistumiseen. Kehittyvissä maissa A-vitamiinin puute on merkittävin estettävissä oleva syy lasten sokeudelle ja odottavien äitien hämäräsokeudelle.

B9-vitamiini esiintyy luonnossa foolihapon suoloina eli folaattina. Pölyttäjien katoamisen seurauksena folaattien puutoksesta kärsivien määrä lisääntyisi 173 miljoonalla ihmisellä,

Ydinasiat

- ▶ Pölyttäjäkato on todellinen ja uhkaa kasvilajien olemassaoloa sekä heikentää viljelykasvien satoja.
- ▶ C- ja A-vitamiinien, antioksidanttien, lykopeenin, folaattien, kalsiumin, raudan ja muiden hivenaineiden saanti ravinnosta vaikeutuu pölyttäjäkadon myötä.
- ▶ Tasapainoisen ravinnon saanti vaikeutuu, ja vaikutukset kansanterveyteen maailmanlaajuisesti ovat suuret: puutostaudit lisääntyvät, elämänlaatu heikkenee ja enenaikainen kuolleisuus lisääntyy.

1,23 miljardin jo nyt puutoksesta kärsivän lisäksi (17). Aikuisilla folaatin puutos ilmenee makrosyyttisena anemiana ja sen tuomina oireina. Riittävä foolihapon saanti on erityisen tärkeää raskauden aikana, sillä se on oleellinen normaalille kasvulle ja kehitykselle, ja sen puutos on suurin yksittäinen syy neuraaliputken sulkeutumishäiriöiden esiintymiselle.

Yli 30 % maailman väestöstä, arviolta kaksi miljardia ihmistä, kärsii raudan puutteesta (18). Pölyttäjäkantojen romahdus korostaisi myös raudan puutetta etenkin kehittyvissä maissa, joissa saanti on valtaosin kasvisperäisen raudan varassa. Aikuisilla raudan puutos aiheuttaa mikrosytaanista anemiaa ja häiritsee sekä endokriinisen että immuniijärjestelmän toimintaa. Raskauden aikana ja lapsilla riittävä raudan saanti on tärkeää kognitiiviselle, motoriselle ja sosiaalis-emotionaaliselle kehitykselle.

Pölyttäjäkadon kansanterveydellisillä vaikutuksilla olisi suurta alueellista vaihtelua. Puutostilojen esiintymisen todennäköisyys on kolminkertainen seuduilla, missä A-vitamiinin ja raudan saanti riippuu eniten hyönteispölytteisistä kasveista (19). Neljää eri kehittyvää maata koskevassa tutkimuksessa puolestaan todettiin, että pölyttäjien katoaminen johtaisi siihen, että 0–56 % alueen asukkaista tulisi kärsimään etenkin A-vitamiinin puutoksesta (20). Muutokset ravinnon koostumuksessa lisääisivät maailmanlaajuisuutta kuolleisuutta vuositasolla noin 1,4 miljoonalla henkilöllä (17).

Lopuksi

Hyönteiset ovat olennainen osa ekosysteemien rakennetta ja toimintaa, eikä niiden merkitystä voi aliarvioida. Hyönteisten biomassa maaekosysteemeissä hehtaaria kohti on 1 000–2 000 kg, kun taas esimerkiksi ihmisten määrä on keskimäärin vain 7 kg/ha. Hyönteisten määrän romahtaminen tulee varmasti vaikuttamaan

kaikkean luonnon toimintaan. Pölyttäjäkadon seuraukset ihmiskunnalle voivat olla erityisen ankarat elämänlaadun ja hyvinvointimme kannalta. Pölyttäjien väheneminen pitää pystyä estämään tutkimustiedon ja siitä johdettujen korjaustoimien avulla. ■

HEIKKI M.T. HOKKANEN, professori
INGEBORG MENZLER-HOKKANEN, varttunut tutkija, tohtori
 Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos

SUVI R.K. HOKKANEN, tutkija, PhD, LL
 Cambridgen yliopisto, kansanterveystieteen laitos

SIDONNAISUUDET
 Ei sidonnaisuuksia

KIRJALLISUUTTA

- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, ym. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 2006;313:351–4.
- Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT, toim. The assessment report on pollinators, pollination and food production of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) 2017.
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, ym. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0185809.
- Geffroy L. Where have all the farmland birds gone? *CNRS* 03.21.2018. <https://news.cnrs.fr/articles/where-have-all-the-farmland-birds-gone>
- Perring FH, Farrell L. British red data books: 1. Vascular plants. Lincoln: Society for the Promotion of Nature Conservation 1977, s. 98.
- Zych M, Jakubiec A. Pollination of Polish red list plants: a preliminary statistic survey. *Acta Agrobotanica* 2008;61:85–90.
- Söderman G, Leinonen R. Suomen mesipistiäiset ja niiden uhanalaisuus. Helsinki: Tremex Oy 2003, s. 420.
- Roubik DW, toim. Pollination of cultivated plants in the tropics. Roma: FAO Agricultural Services Bulletin 118/1995.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, ym. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc* 2007;274:303–13.
- Hokkanen HMT, Menzler-Hokkanen I, Keva M. Long-term yield trends of insect pollinated crops vary regionally, and are linked to neonicotinoid use, landscape complexity and availability of pollinators. *Arthropod-Plant Interactions* 2017;11:449–61.
- Garibaldi LA, Aizen MA, Klein AM, ym. Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 2011;108:5909–14.
- Klatt BK, Klaus F, Westphal C, Tschamtk T. (2014). Enhancing crop shelf life with pollination. *Agriculture Food Security* 2013; 3:14–21.
- Kozuharova E, Aneva I, Bogacheva-Milkoteva K, ym. No bees no medicinal plants? *Arthropod-Plant Interactions* 2018.
- Jacquemart AL, Thompson JD. Floral and pollination biology of three sympatric *Vaccinium* (Ericaceae) species in the Upper Ardennes, Belgium. *Can J Botany* 1996;74:210–21.
- Tikkanen J. Kimalaispölytys lisää metsämarjasatoa. Puutarha-Sanommat 17.4.2009. <https://puutarha-sanomat.fi/arkisto/13313>.
- Eilers EJ, Kremen C, Greenleaf SS, ym. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS One* 2011;6. DOI: 10.1371/journal.pone.0021363.
- Smith MR, Singh GM, Mozaffarian D, ym. Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. *Lancet* 2015; 386:1964–72.
- de Benoist B, McLean E, Egli I, Cogswell M. Worldwide prevalence of anaemia 1993–2005: WHO global database on Anaemia. Geneva: World Health Organization 2008.
- Chaplin-Kramer R, Dombek E, Gerber J, ym. Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. *Proc Biol Sci* 2014;281:20141799.
- Ellis AM, Myers SS, Ricketts TH. Do pollinators contribute to nutritional health? *PLoS One* 2015;10. DOI: 10.1371/journal.pone.0114805.

SUMMARY

What happens if the pollinators disappear?

Pollination of flowering plants is almost entirely dependent on insect pollinators. Their populations have declined globally, also in Finland, resulting in increasing numbers of endangered wild plant species, yield losses for many important agricultural crops, and increasing instability of crop yields. Fruit and berry crops, nuts, and vegetables are most affected, which will endanger the adequate intake of important vitamins (C and A in particular), antioxidants, and minerals via our food. Increasing part of the world population will find it difficult to compose a healthy, balanced diet. This is expected to lead to deficient intake of vitamin A and folates for billions of persons globally, and to increased mortality for over a million persons annually.