

Punahometoksiinien hallintakeinoista

Juho Hautsalo



Kuva: Annaleena Ylhäinen,
OatFrontiers Study Tour

Miksi pitäisi olla huolissaan hometoksiineista?

Toksiinien lainsäädännöllisiä raja-arvoja



	Sallitut enimmäismäärät käsittelemättömässä viljassa*			Suositusarvot eläinten rehuksi tarkoitettussa viljassa**	
	Kaura µg/kg	Vehnä,ruis µg/kg	Ohra µg/kg	Kaura µg/kg	Vehnä, ohra, ruis µg/kg
Deoksivalenoli (DON)	1750	1250	1250	8000	8000
Okratoksiini A (OTA)	5,0	5,0	5,0	250	250
Zearalenon (ZEN)	100	100	100	2000	2000
T-2 ja HT-2 toksiinit***	1250	50	150-200	2000	500

T-2 ja HT-2 toksiiniraja-arvot päivittyneet viimeksi 1.7.2024

EU:ssa esillä raja-arvomuutos DON toksiinille rehukäytössä, joka puolittaisi nykyisen

Punahometoksiineilla on pitkä historia



Tuhansia neuvostoliittolaisia kuoli toisen maailmansodan aikaan pilaantuneeseen viljaan. Kuva Rosenin kirjasta (lähde: Tapani Yli-Mattila)

PUNAHOME *FUSARIUM ROSEUM* LINK-
GIBBERELLA SAUBINETII (MONT.) SACC.
JA SEN AIHEUTTAMAT MYRKYTYK-
SET KAURASSA

A. J. RAINIO

REFERAT:

FUSARIUM ROSEUM BEIM HAFER UND
DADURCH HERVORGERUFENE VERGIFTUNGEN

"Kevättalvella vuonna 1931 saapui Kasvitautilosastolle näytteitä kauraista, joita elukat ilmoituksen mukaan söivät vastenmielisesti tai sairastuivat syötöstä ruuansulatushäiriöihin. Eräessä tapauksessa ilmoitettiin hevosen kuolleen syötyään kuusi kiloa tällaista myrkky-kauraa"

HELSINKI 1932

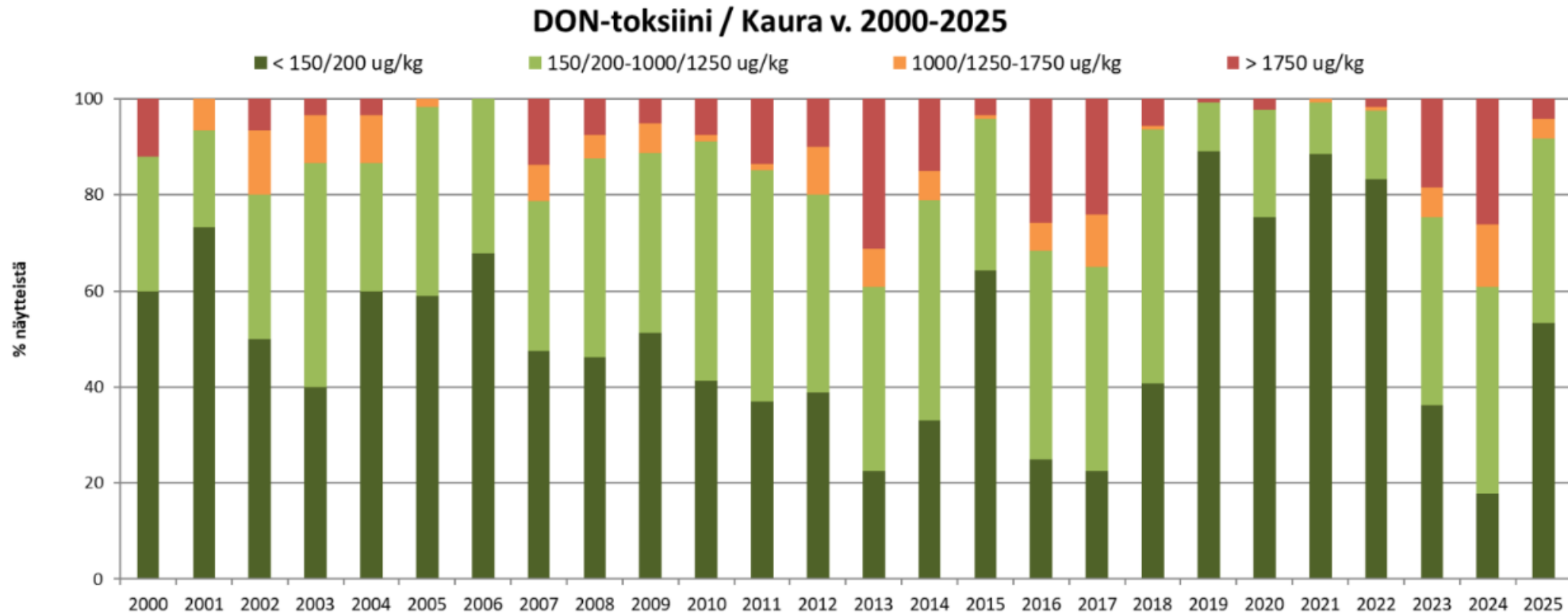
2000-luvulla on toistuvasti ollut hankalia toksiinivuosisia

- Toksiinien yleistymisen taustalla ilmastonmuutos, viljelykäytänteiden muutokset ja sienilajiston valtasuhteiden muuttuminen
 - *Fusarium graminearum* vakiintumassa valtalajiksi Pohjolassakin
- **Vuonna 2016 neljännes kauralta kerätyistä näytteistä (VYR) ylitti elintarvikekäytön DON-raja-arvon (1,75 ppm) ja yli puolet ei kelpaisi lastenruokiin (raja-arvo 0,2 ppm)**
 - **5% näytteistä ylitti myös rehukäytön raja-arvon (8 ppm)**
 - **Pahasta tartunta vuodesta seurasi lähes yhtä paha vuosi 2017**
- Vuodet 2023 ja 2024 olivat taas huonoja



Kaura 2025: DON mediaani 130 µg/kg, korkein pitoisuus 5 400 µg/kg

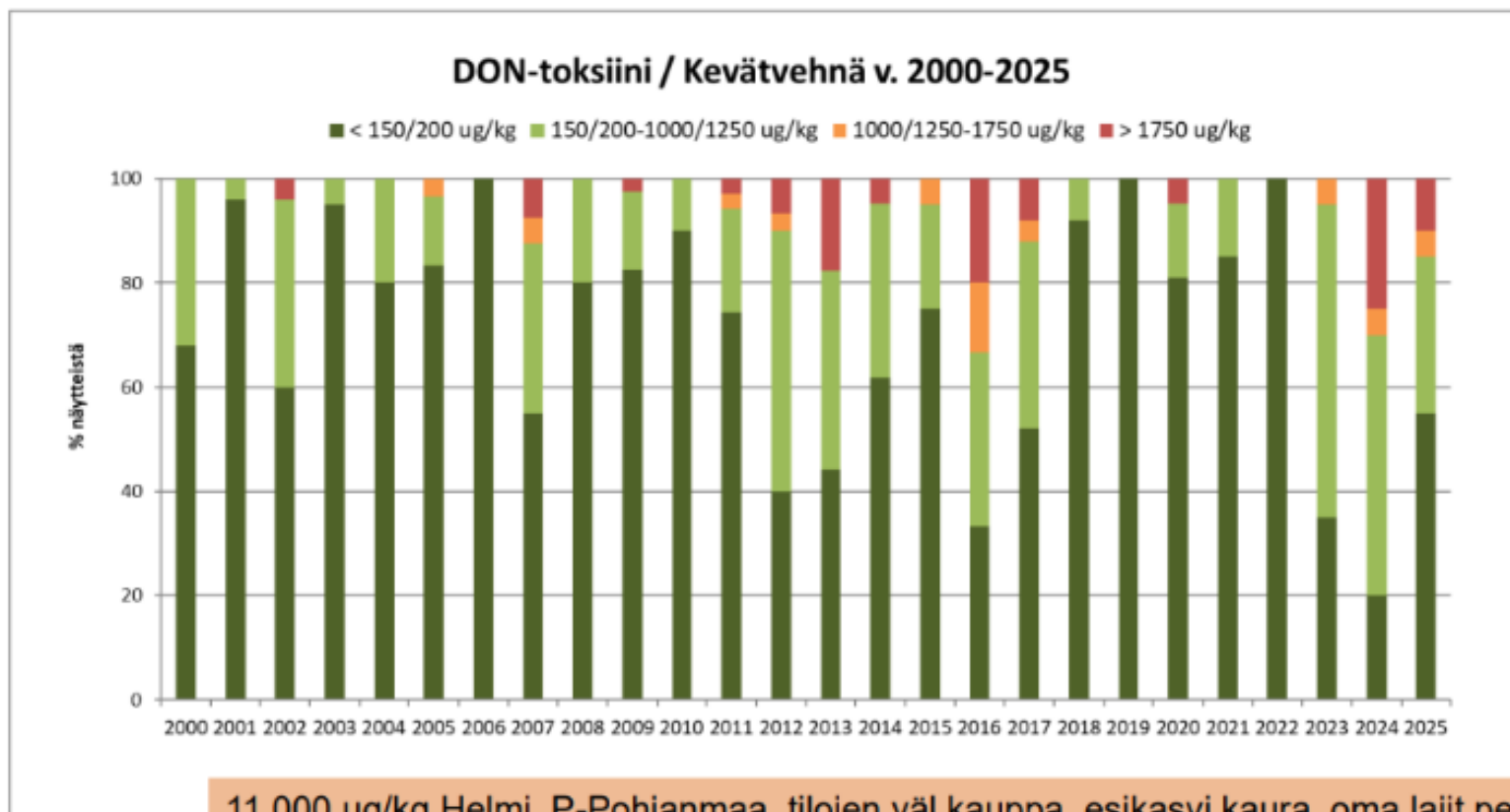
Punahometorjunta tehty
11% näytteistä



5 400 µg/kg Luukas, Etelä-Savo, rehu, oma lajiteltu siemen, sato 3 tn/ha, esikasvi kaura, kerääjäkasvi on
4 200 µg/kg Avaus, Satakunta, rehu, oma lajiteltu, sato 4 tn/ha
2 100 µg/kg Nestor, Etelä-Savo, tilojen väl.kauppa, sert.peitattu, esikasvi nurmi, sato 5,1 tn/ha
2 x 2 000 µg/kg Nestor, P-Savo, siemen, sert.peit. 6 tn/ha; Nestor, EP, rehu, sert, 4,8 tn/ha

Sari Peltonen,
ProAgria,
VYR
Laatutyöryhmä,
hometoksiiniseur
annantuloa

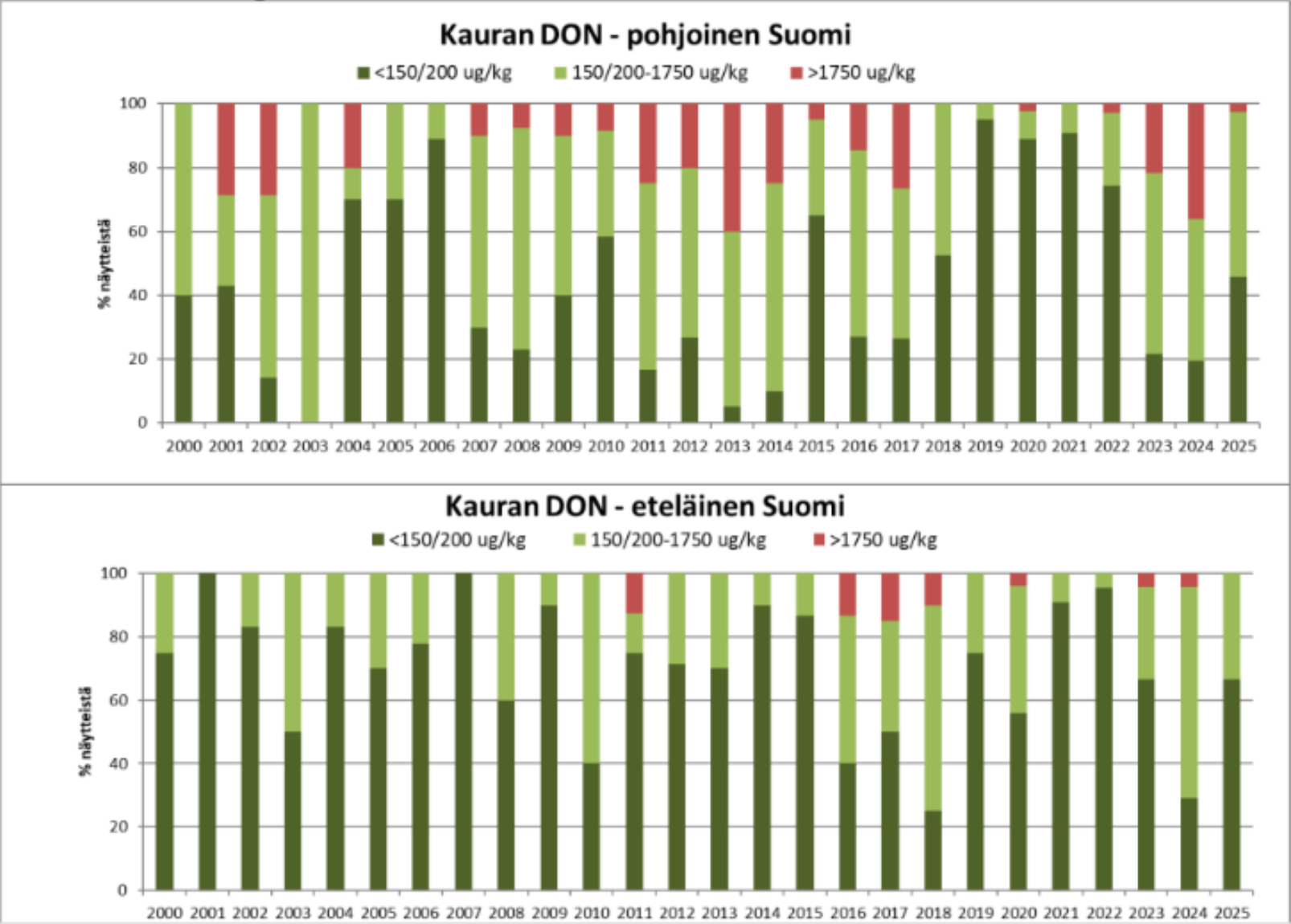
Kevätvehnä 2025: DON mediaani 75 µg/kg, korkein pitoisuus 11 000 µg/kg



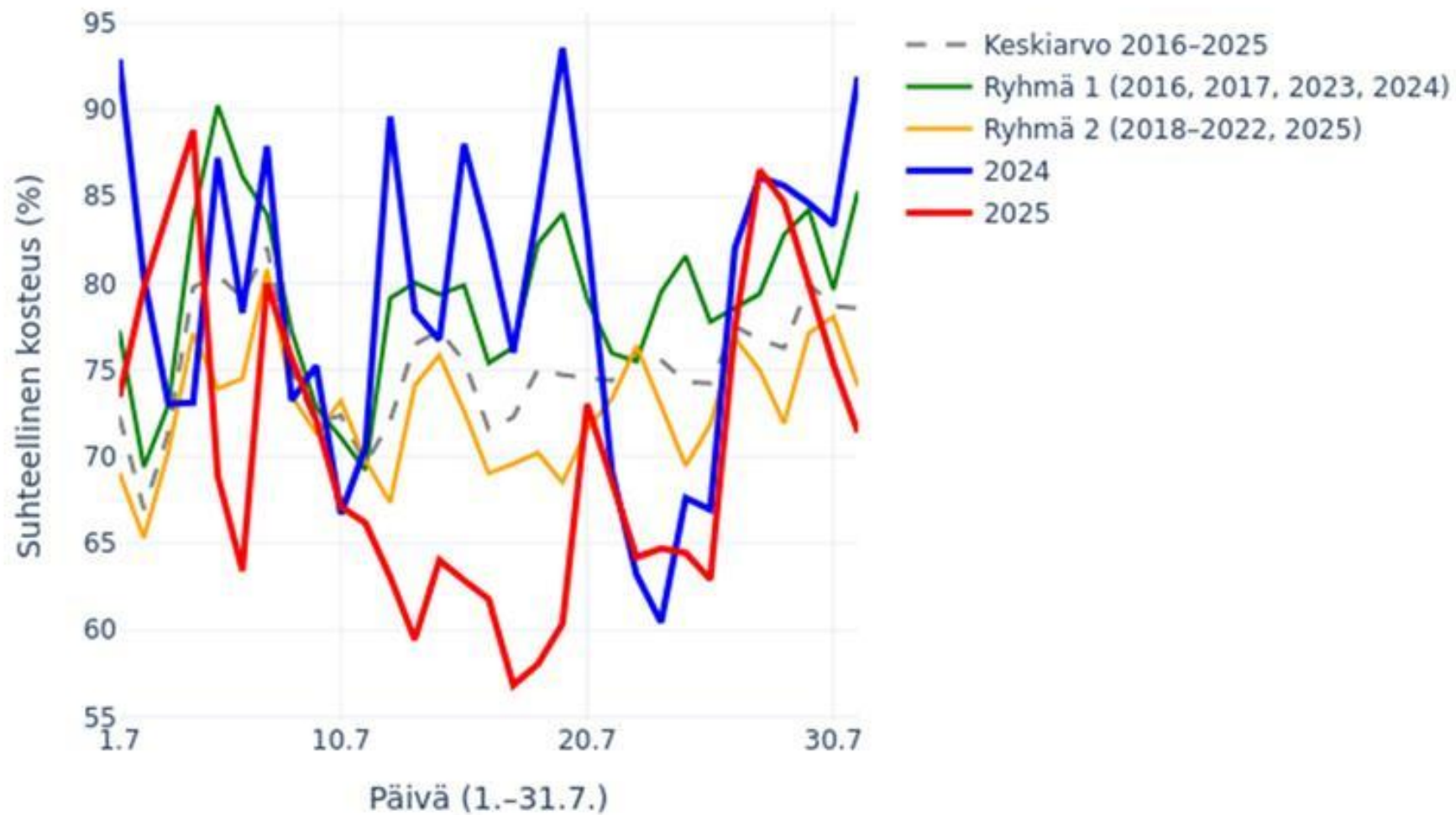
ProAgria

11 000 µg/kg Helmi, P-Pohjanmaa, tilojen väl.kauppa, esikasvi kaura, oma lajit.peit., 5,3 tn/ha, lako
2 400 µg/kg Hilikka, Satakunta, elint., esikasvi kaura, sert., punahometorjunta tehty, 5,5 tn/ha
1 200 µg/kg Quarna, Satakunta, elint., oma lajit., puinti 12.9., ei satotietoa

Kauran DON-pitoisuudet alueellisesti



Päivittäinen suhteellinen kosteus (heinäkuu)



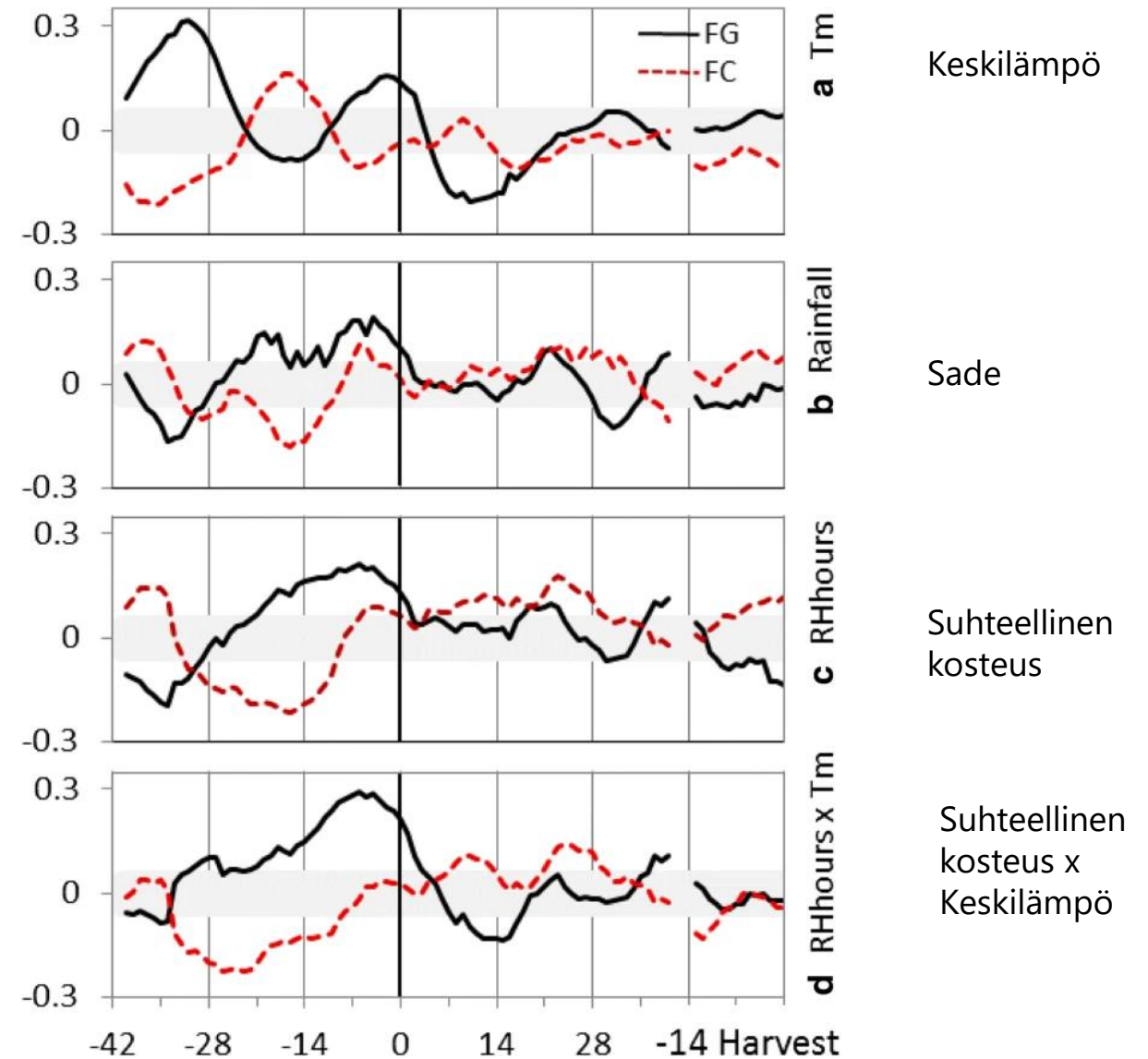
Sääolot vaikuttavat voimakkaasti DON-toksiineja tuottavien *Fusarium*-lajien menestykseen – riittävä kosteus ja lämpö vaaditaan riskin realisoitumiseen

[Home](#) > [European Journal of Plant Pathology](#) > [Article](#)

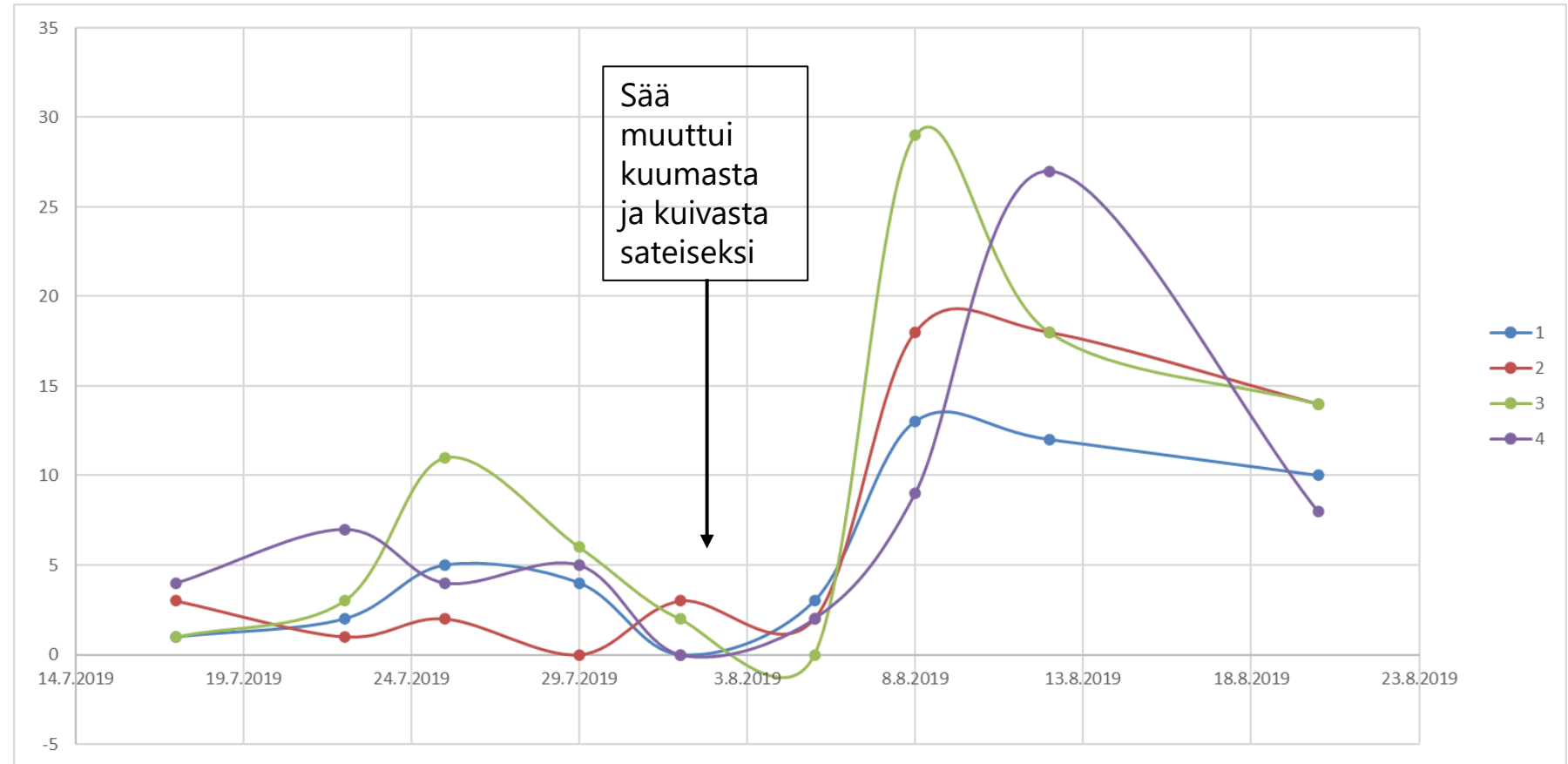
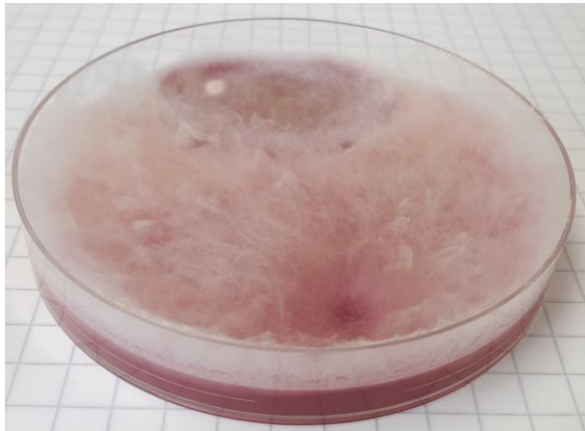
Contrasting responses of T-2, HT-2 and DON mycotoxins and *Fusarium* species in oat to climate, weather, tillage and cereal intensity

[Open access](#) | Published: 07 May 2019

Volume 155, pages 93–110, (2019) [Cite this article](#)

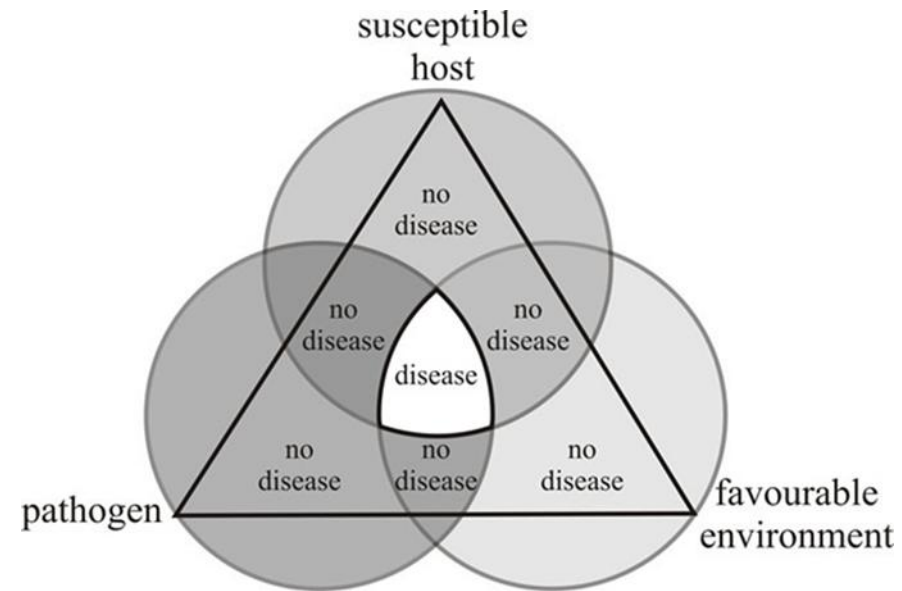


Fusarium graminearum itiöiden laskeutuminen maljalle pellolla iltapäivisin



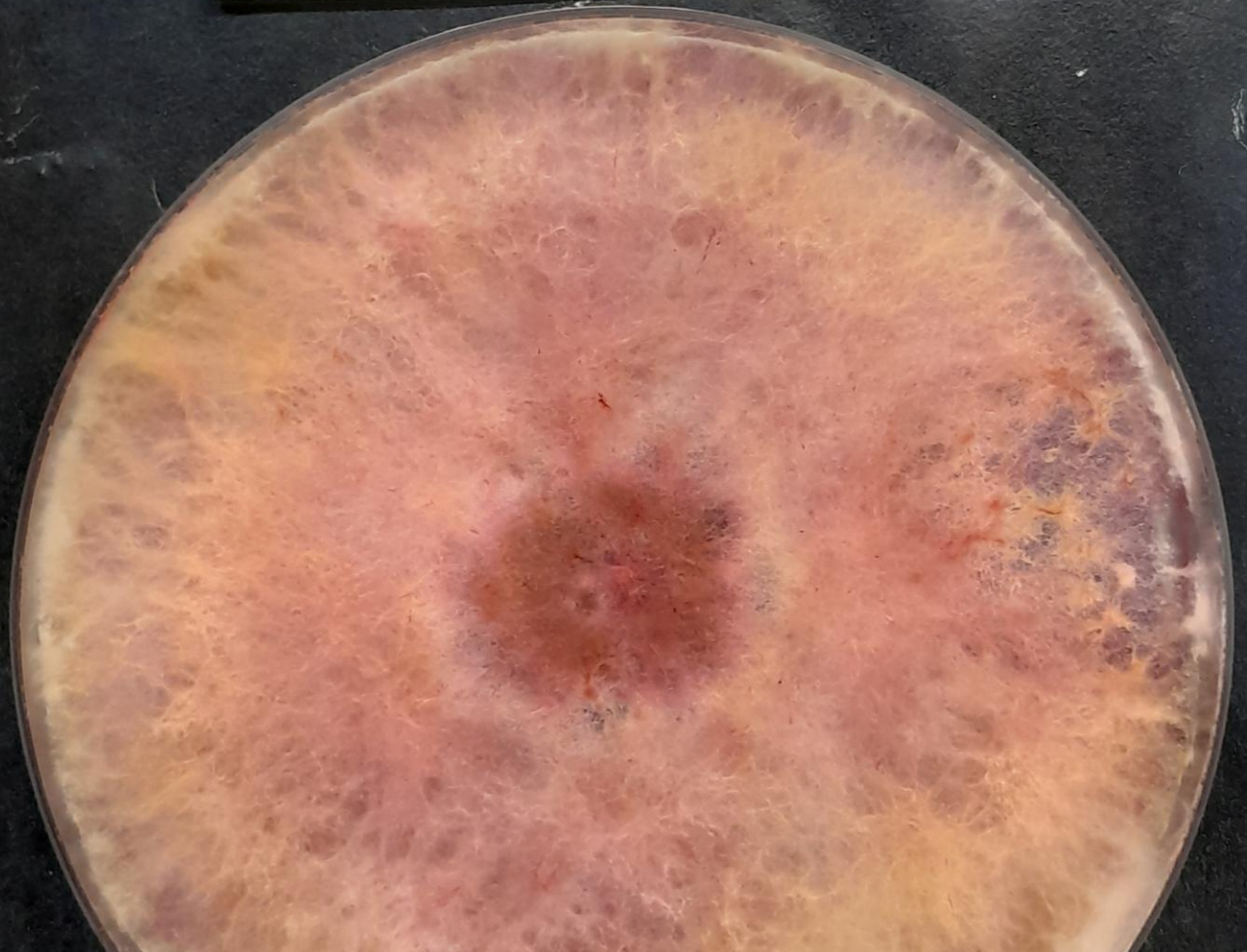
"tautikolmio"

https://www.davidmoore.org.uk/21st_century_guidebook_to_fungi_platinum/ch14_09.htm



Taudinaiheuttaja

F. graminearum



Punahomelajeja ja toksiineja on monia

Table 2. Principal Mycotoxins and *Fusarium* species isolated from oats grains in the last years.

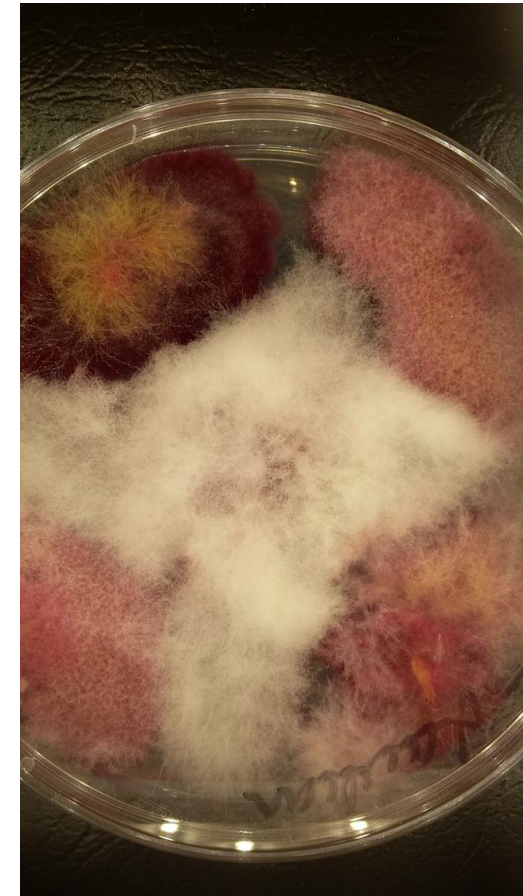
Region	Fungus	Mycotoxins	References
Northern and Central Europe	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	DON	[33]
Swedish	<i>F. poae</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. graminearum</i>	NIV, HT-2/T2, DON, ZEN	[34]
southeast Norway	<i>F. langsethiae</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenaceum</i>	HT-2/T2, DON, ENNs, BEA	[26]
Spain	<i>F. langsethiae</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>F. cerealis</i>	HT-2/T-2, B trichothecenes	[35]
Ireland	<i>Fusarium</i> spp.	T-2/HT-2	[37]
Canada	<i>F. poae</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. culmorum</i>	-	[39,40]
Urals and West Siberia	<i>F. graminearum</i> , <i>F. langsethiae</i> , <i>F. sibiricum</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. anguioides</i>	DON, A-trichothecene	[41]
South-Western Siberian	<i>F. sibiricum</i> , <i>F. globosum</i>	fumonisin	[41]

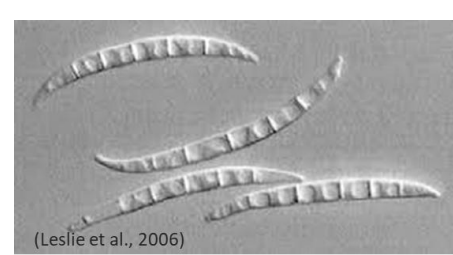


Review

Looking for Fusarium Resistance in Oats: An Update

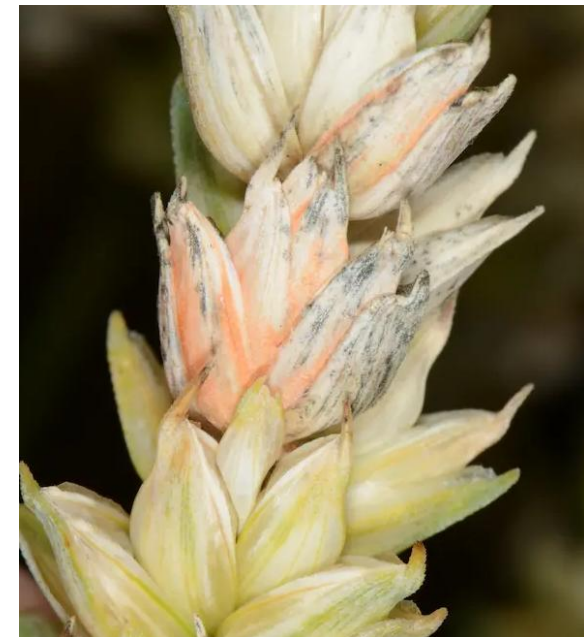
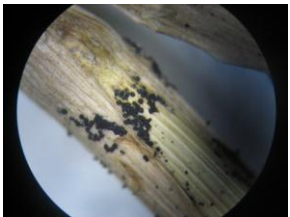
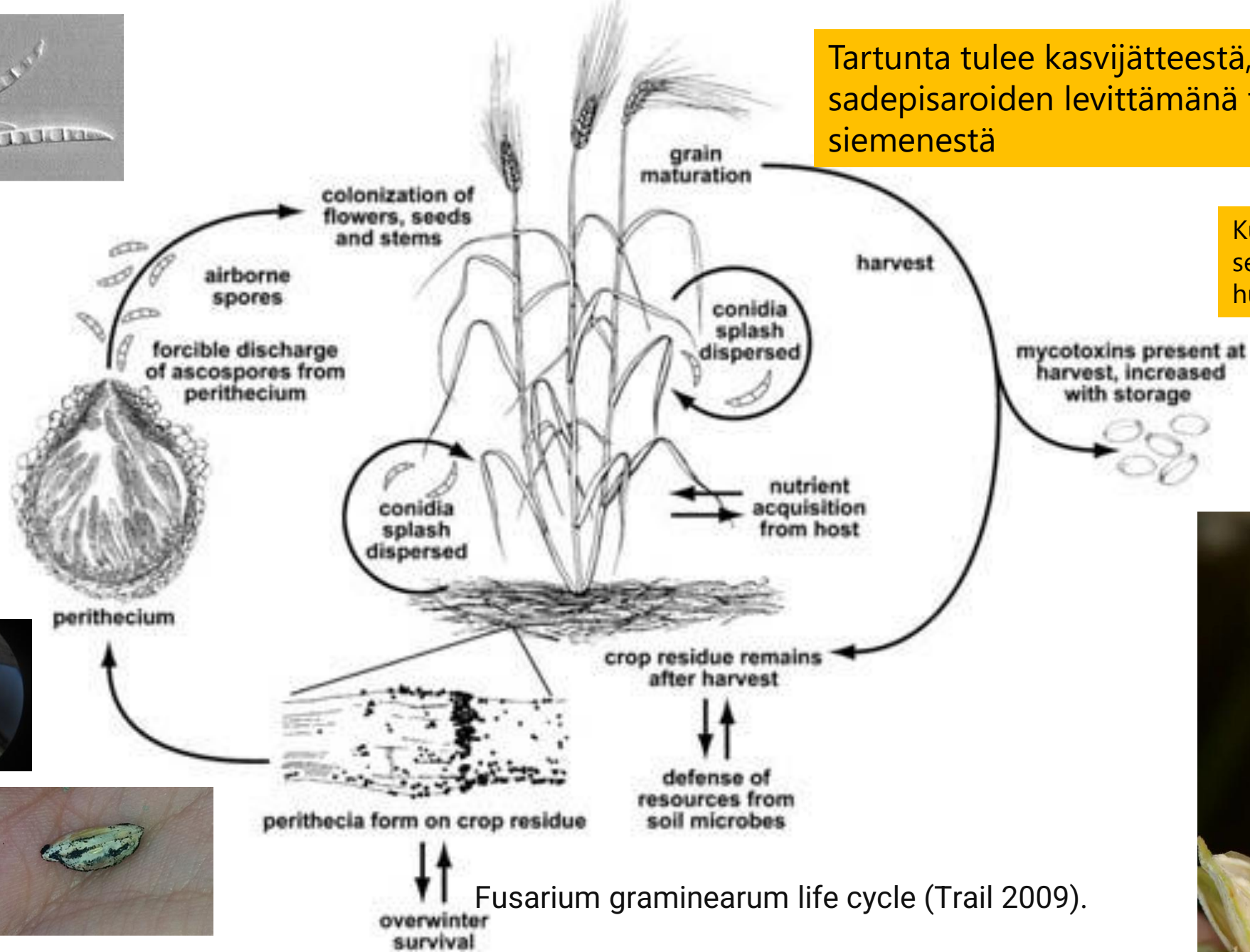
Caterina Morcia ^{1,*}, Valeria Terzi ¹, Roberta Ghizzoni ¹, Ilaria Carrara ¹ and Katia Gazzetti ^{2,*}





Tartunta tulee kasvijätteestä, tuulen mukana, sadepisaroiden levittämänä tai saastuneesta siemenestä

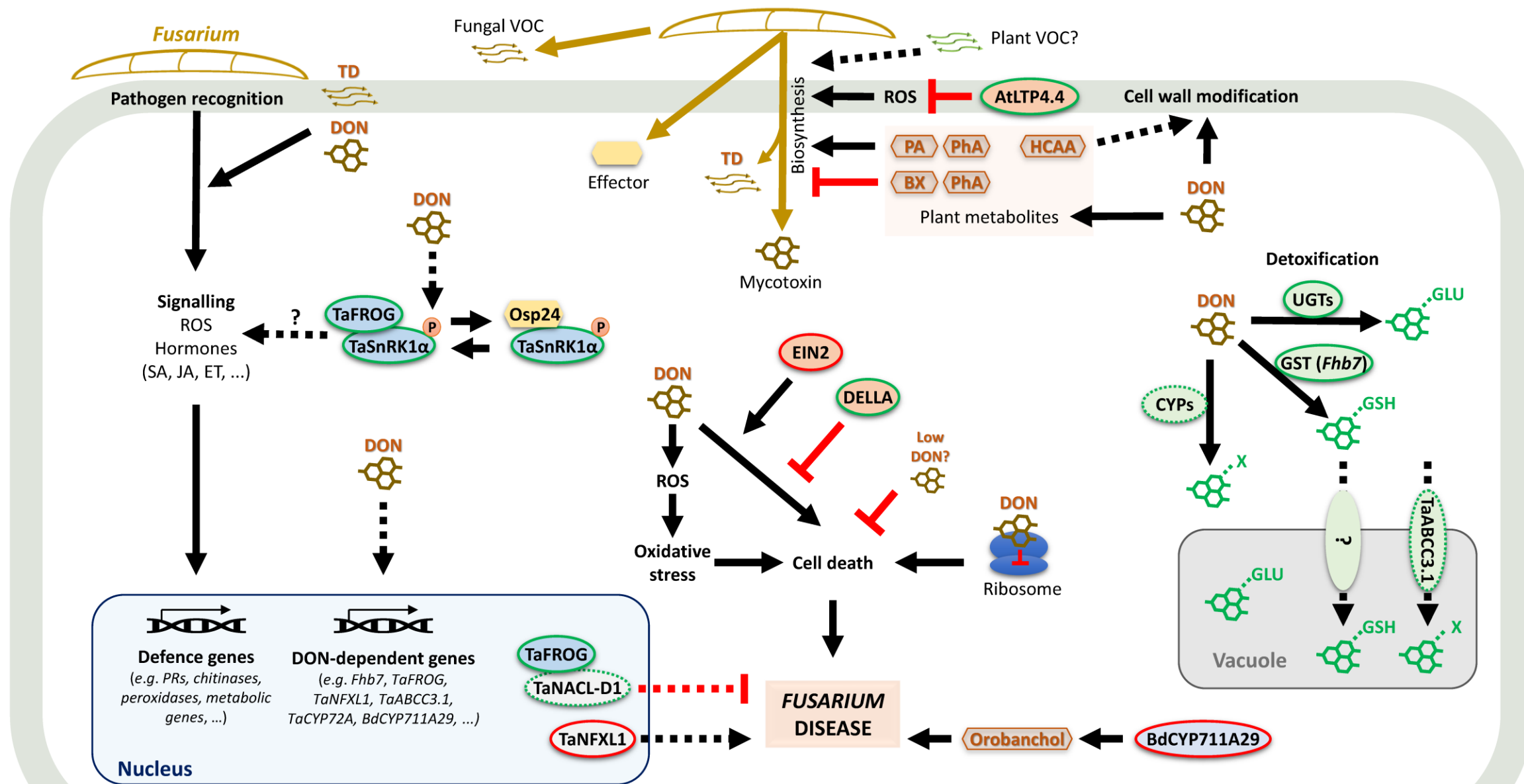
Kukinta on alttein hetki, mutta sen jälkeenkin voi vielä käydä huonosti



Fusarium graminearum life cycle (Trail 2009).

(Source: mühlhausen/landpixel).

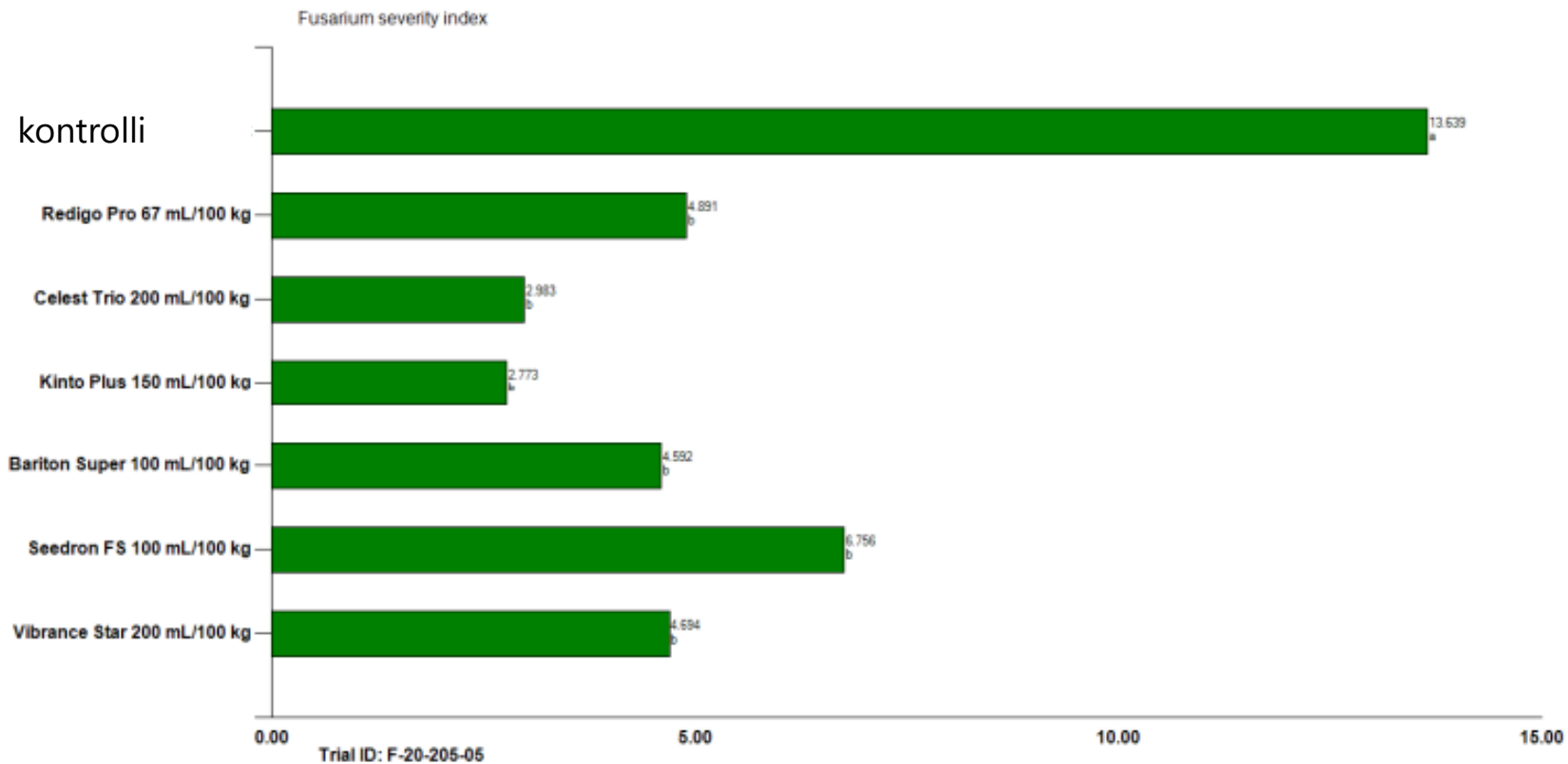
The many impacts of DON during FHB disease development



Perochon, A. and Doohan, F.M., 2024. Trichothecenes and Fumonisin: Key Players in Fusarium–Cereal Ecosystem Interactions. *Toxins*, 16(2), p.90.

Peittausaineet vähentävät tautipainetta

Fusarium tyvitauti-indeksi



Tyviä maljattiin, suurin osa Fusariumia, mukana myös tyvilaikkua

Fusarium tyvitautihavainnot

(ohralla)

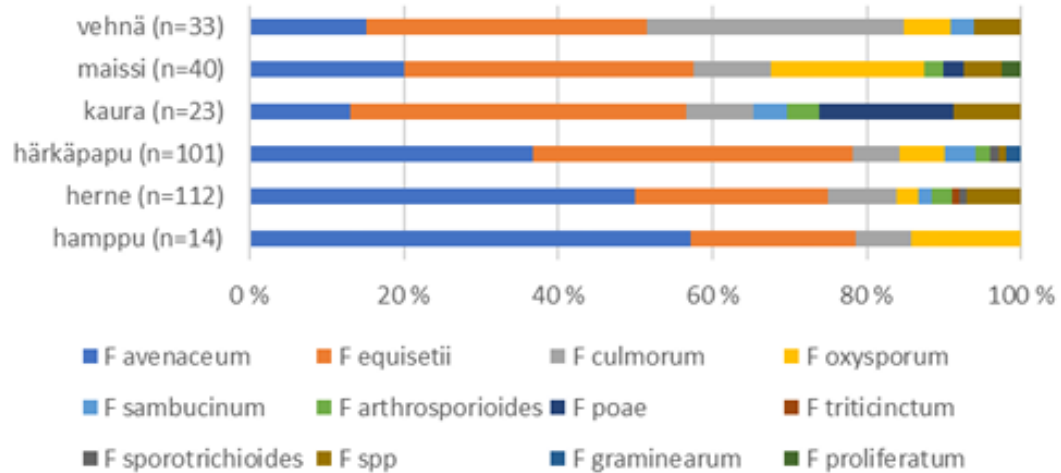


Tehtiin korrenkasvun alussa
Kaivetaan 4x35cm matkalta kasvit

KEINOISTA

- Varsinkin useat perättäiset viljavuodet kasvattavat toksiiniriskiä
- Kyntö vähentää tartuntalähteenä toimivan kasvijätteen määrää
- Orgaaniset maat riskialttiimpia kuin savimaat
- Luomuviljelyssä keskimäärin (muttei aina) matalampi riski

Fusarium-lajien esiintyminen näytteissä vuosina 2022 ja 2023



Kuvaaja 2. Kasvihuonekokeista havaitut tauti-indeksit kasvilajeittain.



						
Sienilaji	Hamppu	Härkäpapu	Kaura	Rehuherne	Rehumaissi	Vehnä
F avenaceum	2.9	10.7	9.9	90.9	14.8	15.1
F culmorum	4.5	3.2	27.7	41.5	40.2	51.8
F equisetii	0.0	10.2	0.0	2.1	0.6	0.0
F graminearum	7.4	1.3	67.0	38.5	44.4	42.8
F poae	0.0	0.7	0.6	0.6	2.5	0.0
F proliferatum	1.0	2.8	13.1	5.0	4.4	9.3
F sambucinum	0.0	1.3	0.0	0.0	2.5	3.3
F sporotrichioides	0.0	0.0	0.0	0.8	1.3	0.0
Vesi	0.0	1.4	2.5	0.0	2.5	9.5

Taudinkestävyys

Juho Hautsalo



Mitä tiedetään vehnän taudinkestävyydestä?

- Taudinkestävyys punahometta vastaan voidaan jakaa viiteen komponenttiin:
- 1) kestävyys tartuntaa vastaan
- 2) kyky estää tartuntaa leviämistä tähkässä
- 3) kyky suojata jyvää (sietoa itävyyden
- 4) toleranssi eli kyky minimoida satovaikutuksia
- 5) kyky estää toksiinin muodostusta tai hajottaa toksiinia

“more than 500 QTL have been mapped across all the 21 wheat chromosomes, whereas only a few of them have been confirmed and utilized in wheat improvement (Steiner et al. 2017; Buerstmayr et al. 2019)”



Normaaleissa pelto-olosuhteissa lajikkeiden taudinkestävyyden vertailu hyvin usein epäonnistuu

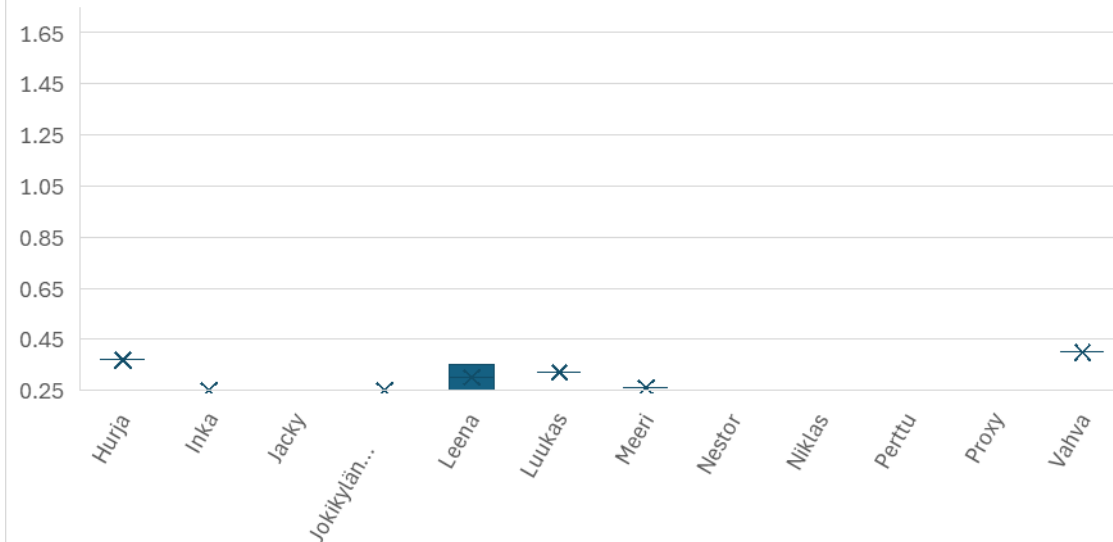
- 12 kauralajikkeen lajikekoe tavanomaisella ja luomulohkolla sekä Ruukissa että Jokioisilla.
 - Mitattiin toksiinit 1. ja 2. kerranteista.
 - Kaikki alle 1 ppm / 1000 ug/kg.



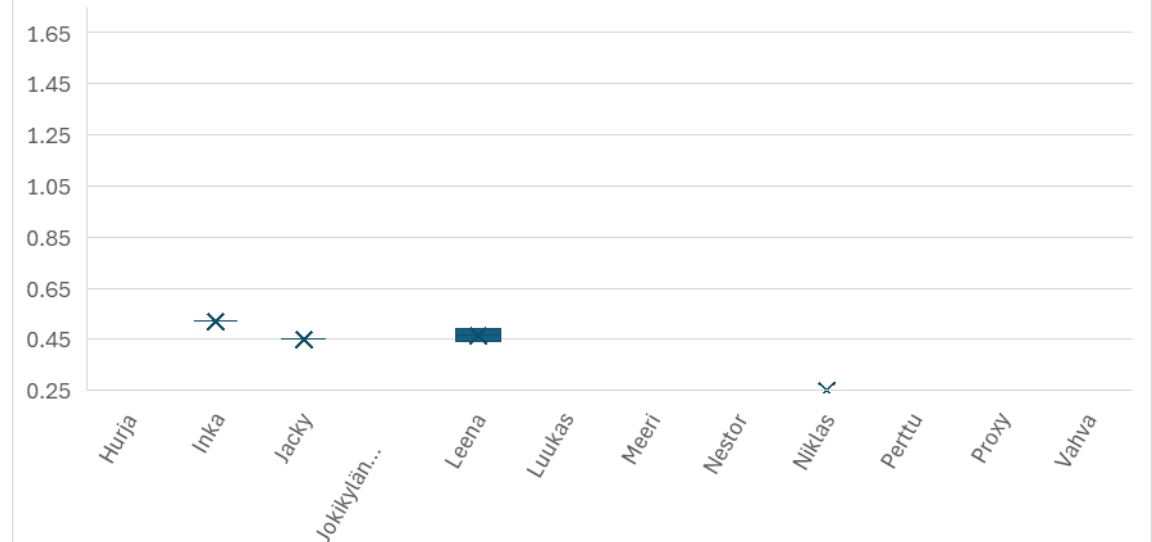
Luoka-hanke



DON-toksiinit Lajikekokeet Jokioinen



DON-toksiinit Lajikekokeet Ruukki





- Tartuke ja Voimakas kastelu
- Mahdollista myös satoruuduille, mutta vaatii laajan kastelujärjestelyn
- 10 grammaa Fusarium-itiöivää jyvätartuketta per neliömetri
- Päivittäinen sadetus 200-300 litraa kymmenen metrin halkaisijan ympyrälle vastannee noin 5 mm sadetta



DON toksiiniin liittyvät tutkimushankkeet kasvukaudella 2025 Pohjois-Suomessa



Euroopan unionin
osarahoittama



- Optivilja-hanke
 - 8 koejäsenen **tartutettu ruutukoe Ruukissa**
 - Lehtilannoitus- ja peittäus- (ZMC) ja fungisidikäsittelyiden (Proline ja Celest) vaikutus tartuntaan ja toksiineihin
- Pohjoisen vyöhykkeet – hanke
 - Selvittää lajikekestävyyden eroja
 - **30 lajikkeen punahomekoe Ruukissa**
- Luomukaura-hanke
 - Testaa luomuun sopivia lajikkeita ja niiden ominaisuuksia ja myös punahomeen taudinkestävyyttä
- 12 lajikkeen satokoe ja **30 lajikkeen punahomekoe Ruukissa**
- Vastaavat kokeet myös Jokioisilla



Euroopan unionin
osarahoittama



Kolme koetta lajikeaineiston punahomekestävyyden vertailuun. Jokioinen luomu, Ruukki tavanomainen ja Ruukki luomu.

Lajike/jalostusaineiston vertailussa paljon toistoja per lajike hill plot koossa (20 siementä) pieneltä pinta-alalta -> ympäristöstä riippuvat erot minimiin

Kolme toksiinitestausta per koejäsen per koe. Näyte otetaan kahden lähekkäin olleen hill plotin yhdistetystä sadosta

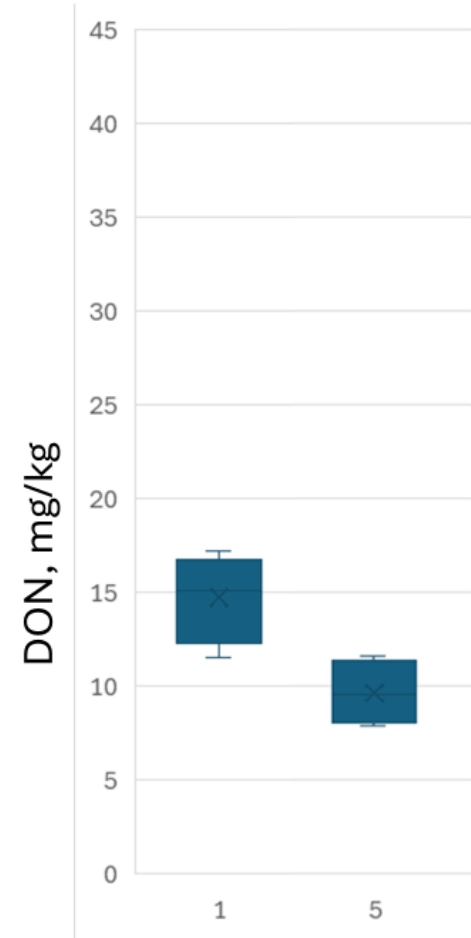


Oireita oli tartutetuilla lohkoilla paljon



Dia VYR:lle OPTIVILJA-kokeen 1. vuoden tuloksista

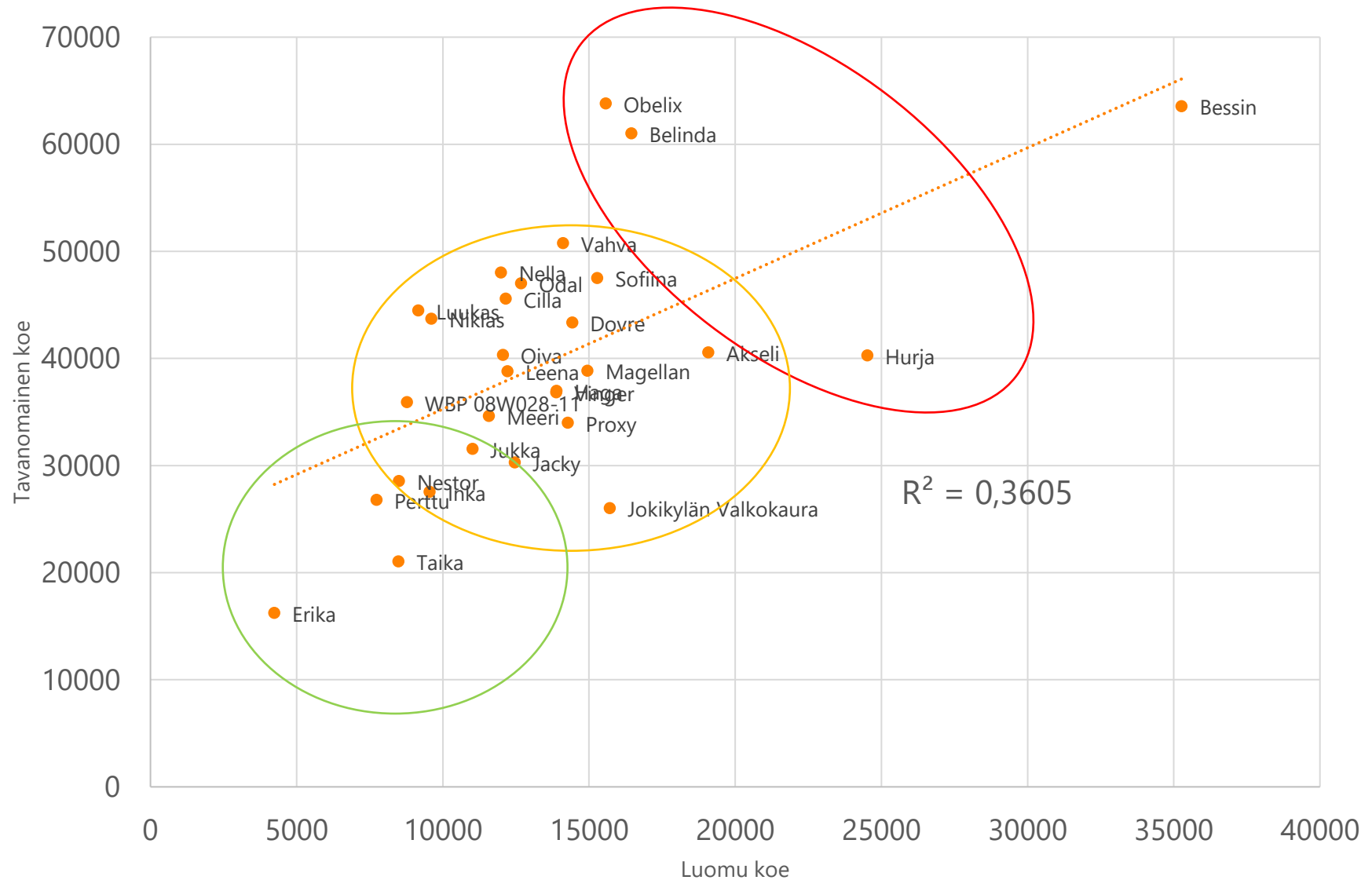
- Optivilja-hankkeessa (Arto Huuskonen / Katariina Manni) tutkitaan Ruukissa lajikkeella Nella erilaisia lehtilannoitus- ja peittauskäsittelyitä, 4 kerranteen tartutetussa ruutukokeessa
- Koejäsen 1 on käsittelemätön kontrolli
- Koejäsen 5 on Fungisidillä (Celest Trio) peitattu siemen + Proline-ruiskutuskäsittely
- Johtopäätökseni voimakkaasti saastuneesta kokeesta on että kemiallinen torjunta ei ole välttämättä ihan turha juttu (muiden käsittelyiden vaikutusten luotettava tulkinta vaatii enemmän dataa)



LUOKA- ja POVY- hankkeet

µg/kg
keskiarvot
-
huomatkaa
miten
korkeita!

DON Tartutuskokeiden tulokset Ruukista





ROCKY		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	1	1
Pirkanmaa	5	5
Häme	0	0
Etelä-Pohjanmaa	0	0
Pohjanmaa	0	0
Pohjois-Pohjanmaa	0	0
Pohjois-Savo	0	0
Keski-Suomi	0	0

LUUKAS		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	24	14
Pirkanmaa	26	16
Häme	25	10
Etelä-Pohjanmaa	32	12
Pohjanmaa	6	3
Pohjois-Pohjanmaa	93	66
Pohjois-Savo	4	0
Keski-Suomi	4	3

NELLA		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	12	11
Pirkanmaa	29	15
Häme	14	3
Etelä-Pohjanmaa	31	18
Pohjanmaa	22	14
Pohjois-Pohjanmaa	2	1
Pohjois-Savo	17	10
Keski-Suomi	13	5

MARIKA		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	3	2
Pirkanmaa	7	2
Häme	8	0
Etelä-Pohjanmaa	0	0
Pohjanmaa	1	0
Pohjois-Pohjanmaa	1	1
Pohjois-Savo	0	0
Keski-Suomi	0	0

Oiva		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	1	0
Pirkanmaa	0	0
Häme	1	1
Etelä-Pohjanmaa	36	15
Pohjanmaa	10	7
Pohjois-Pohjanmaa	6	2
Pohjois-Savo	0	0
Keski-Suomi	0	0

Ivory		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	1	1
Pirkanmaa	6	5
Häme	3	1
Etelä-Pohjanmaa	4	3
Pohjanmaa	0	0
Pohjois-Pohjanmaa	0	0
Pohjois-Savo	0	0
Keski-Suomi	0	0

Nestor		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	6	2
Pirkanmaa	0	0
Häme	0	0
Etelä-Pohjanmaa	9	3
Pohjanmaa	0	0
Pohjois-Pohjanmaa	0	0
Pohjois-Savo	0	0
Keski-Suomi	0	0

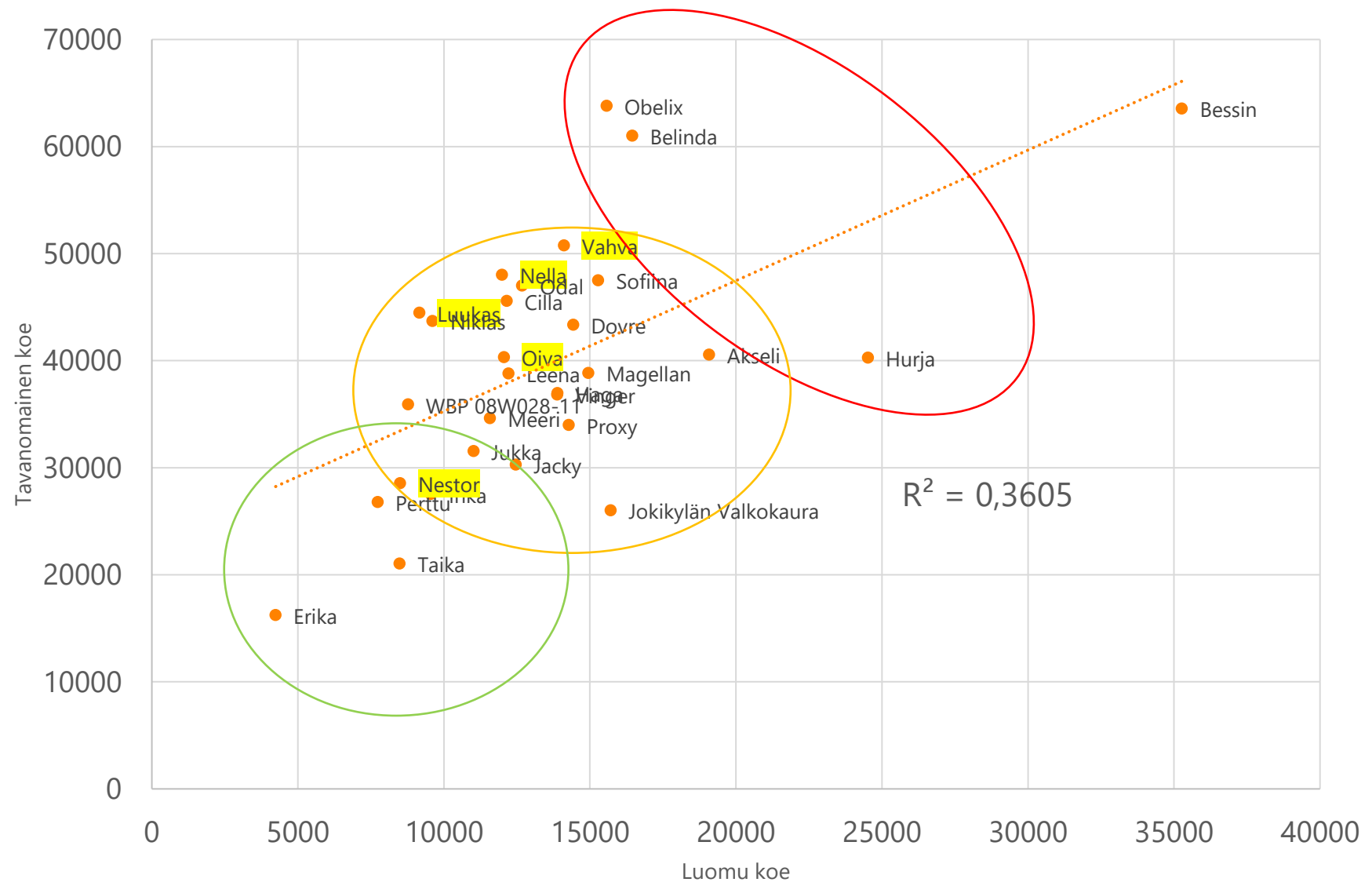
Vahva		
2024	Näytemäärä "riskialueilta" kpl	
Maakunta	Yht. maakunnassa	yli 1,75 mg/kg
Satakunta	11	4
Pirkanmaa	24	11
Häme	19	3
Etelä-Pohjanmaa	9	3
Pohjanmaa	16	9
Pohjois-Pohjanmaa	7	5
Pohjois-Savo	0	0
Keski-Suomi	1	0

- VYR nosti vasemmalla olleet lajikkeet lähempään tarkasteluun vuoden 2024 toksiinipitoisuuksien pohjalta viljan vastaanotossa
- Monessa VYR:n tarkastelema **näytemäärä on melko pieni** huomioiden alueelliset erot toksiinipitoisuuksissa

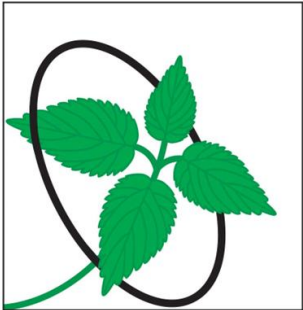
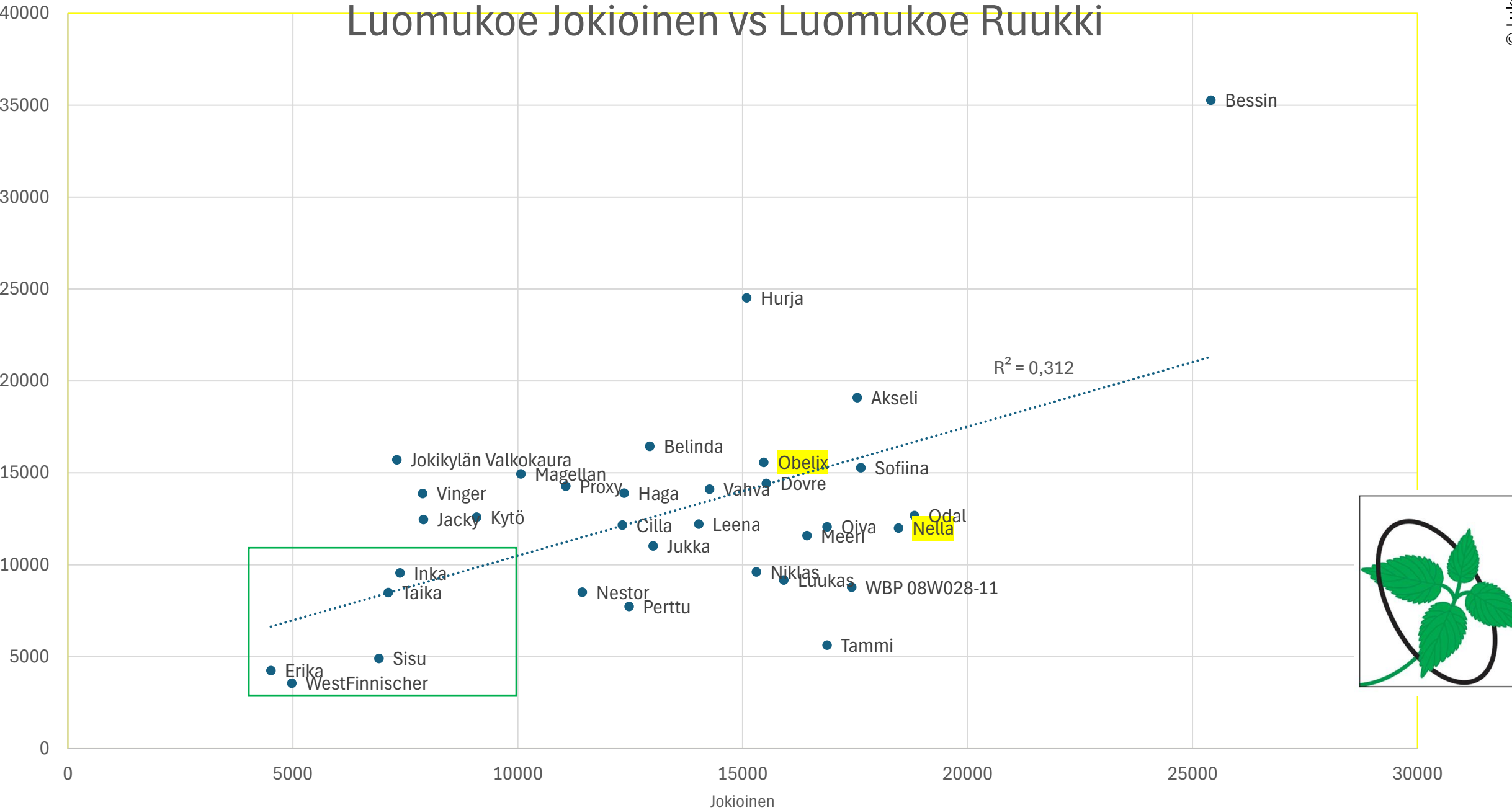
LUOKA- ja POVY- hankkeet

µg/kg
keskiarvot

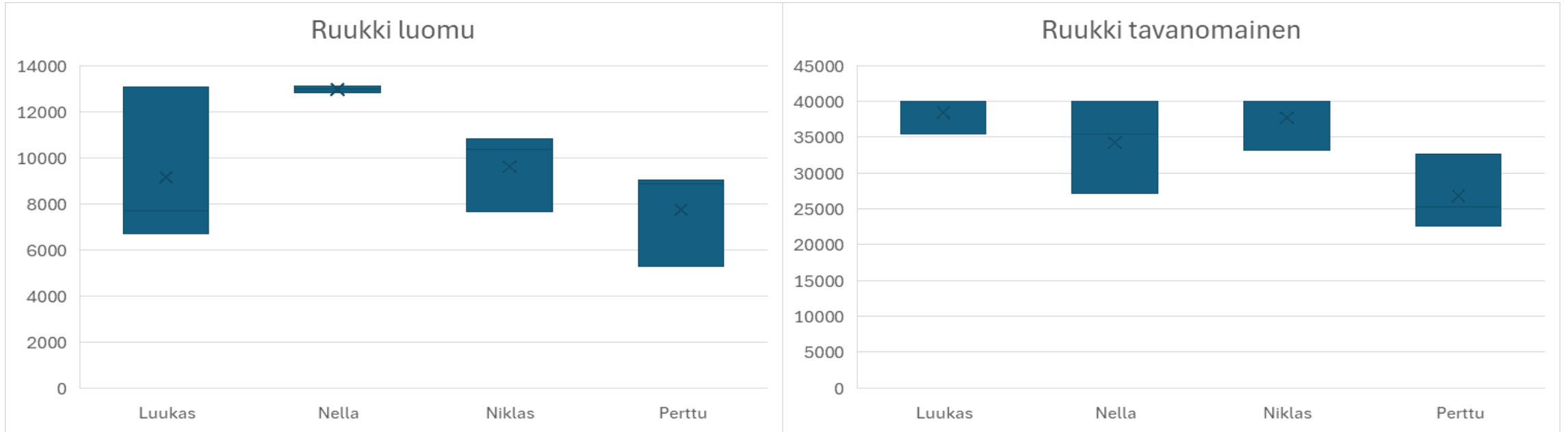
DON Tartutuskokeiden tulokset Ruukista



Luomukoe Jokioinen vs Luomukoe Ruukki



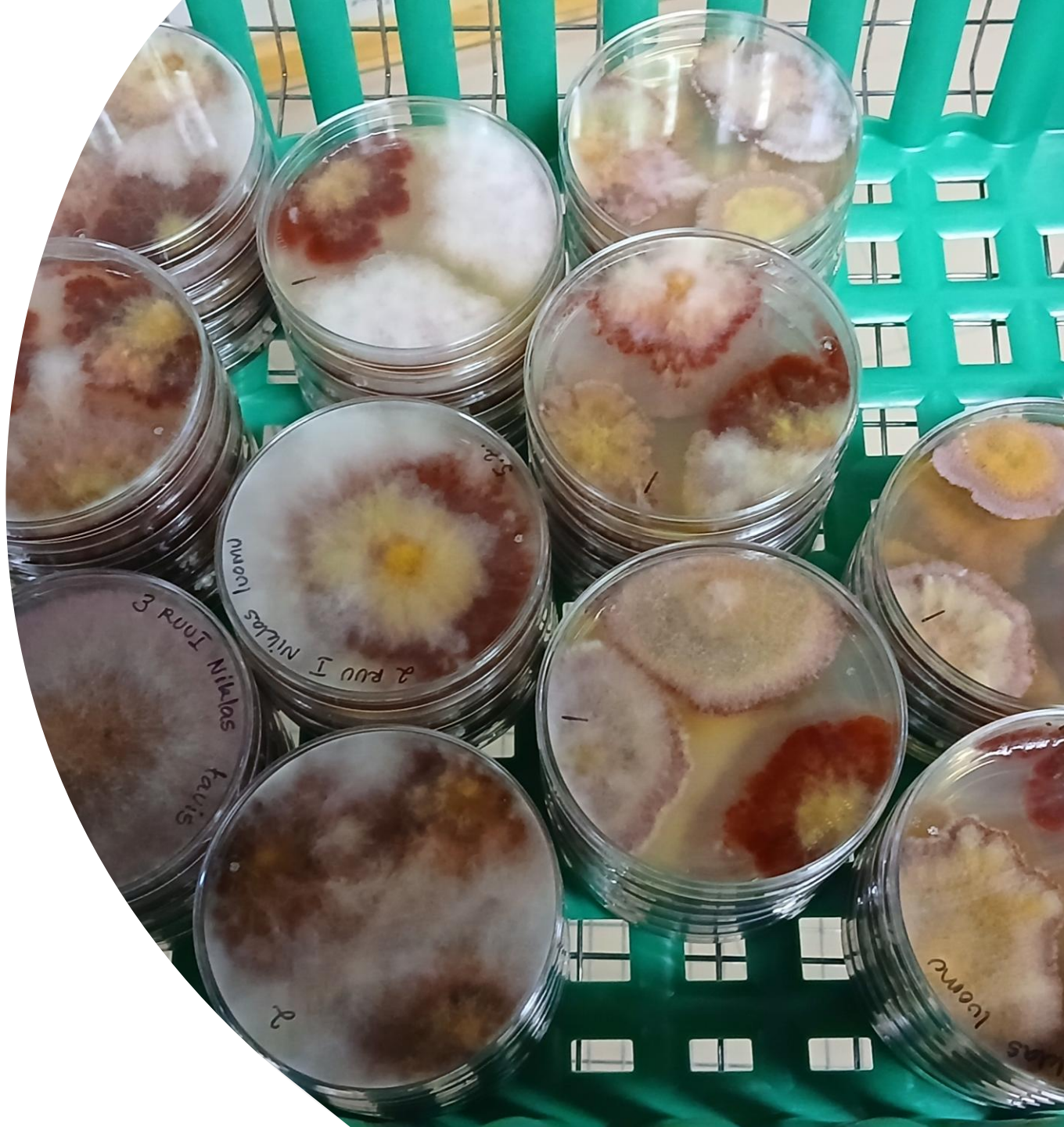
DON-tuloksissa on paljon hajontaa, mutta luomukokeissa oli selvästi matalammat toksiinipitoisuudet





Tartunta vs. toksiinit

Punahomeen taudinkestävyys on monen tekijän summa



Tartunnan valossa kolme koetta voidaan jakaa kahteen eri kastiin – sellaiseen jossa tartunnassa on eroja ja sellaiseen jossa erot ei juuri näy

- Jokioisten kokeessa on suhteellisesti vähiten *F. graminearum* sientä ja paljon muita *Fusarium*-lajeja, mutta lajilleen ei joka näytettä voitu maljata
- Esimerkiksi Meeri ja Erika pystyvät selvästi vastustamaan tai välttämään tartuntaa enemmän kuin vaikka Nella, Hurja tai Jacky puhumattakaan Bessinistä

FUSARIUM INFECTED KERNELS			
	LuokaDONJokioinen	LuokaDONRuukki	POVDONRuukk
Riviotsikot	luomu	luomu	tavis
Akseli	49,5	38	49
Belinda	49	46,5	50
Bessin	50	48,5	50
Erika	48,5	19,5	49,5
Hurja	49,5	43,5	49,5
Jacky	49,5	44	50
Jokikylän Valkoka	49	44,5	41,5
Jukka	49	37,5	50
Leena	49	36	50
Luukas	50	40,5	47,5
Meeri	50	9,5	47,5
Nella	50	27	48,5
Nestor	50	44,5	50
Niklas	49	20,5	47,5
Obelix	50	39	49
Odal	49,5	35,5	50
Perttu	49	25	50
Proxy	50	36,5	50
Sofiina	49,5	26	49
Taika	49,5	34	49,5
Vinger	49,5	40	49,5
WBP 08W028-11	48,5	46	47,5
WestFinnischer	48	41	

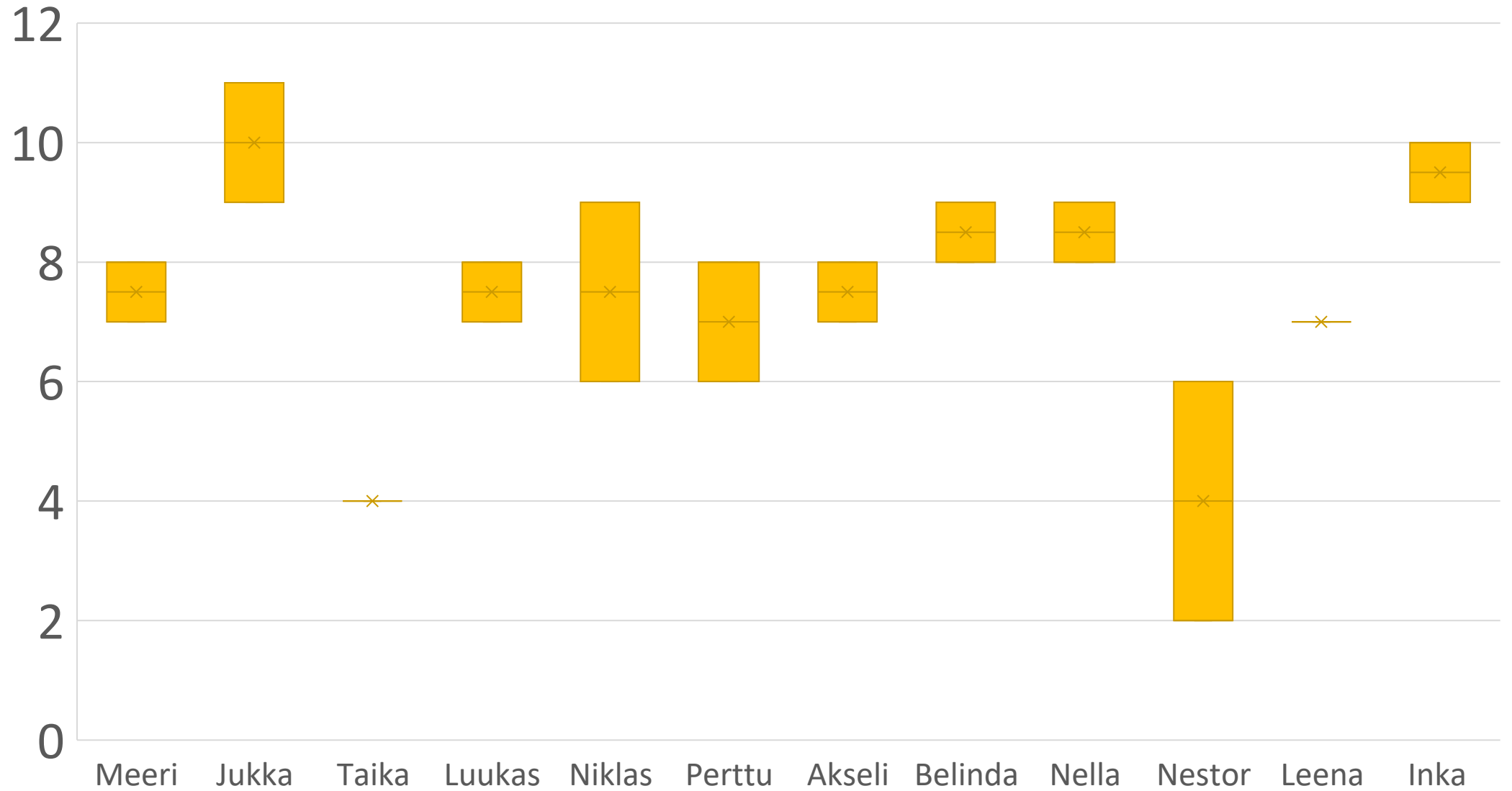
Onko punahometartunnassa sitten eroja Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä?

- Taudinkestävyyttä määrittävät pienivaikutteiset geenit ilmenevät luultavasti hieman eritavoin eri ympäristöissä, kun esim päivänpituuden erot ja erot maaperässä vaikuttavat kasvin kehitysrytmiin
- Kokonaiskuva näyttää silti hyvin samankaltaiselta kuin aiemmissakin kokeissa Jokioisilla
- Testausta on syytä jatkaa jotta tunnistetaan mahdolliset poikkeavuudet sillä kaikki lajikkeet eivät aivan ole siellä missä pitkäaikainen testaus Jokioisilla tai myllyjen kokemukset antavat olettaa.

Huomiot toksiinitestauksesta

- DON-arvo kertoo lajikkeen kyvystä vastustaa toksiininmuodostusta äärimmäisessä tautipaineessa
- Lajikekestävyydessä on selvästi eroja mutta tälläkin tavalla erojen tarkka erottuminen vaatii ainakin toisen kasvukauden
- Käytännössä myös kasvutapa, kehitysrytmi ja muut lajikeominaisuudet vaikuttanevat toksiinialttiuteen jossain määrin
- Yksittäisen lajikkeen resistenssin rakenteessa olevat erot tulevat esiin kun sieniä maljataan, toksiinia mitataan ja itävyyttä testataan... Silti paremman lajikkeen jalostaminen ei ole helppoa kun nämä kaikki erot tautivasteessa ei todellakaan periydy yhdessä.

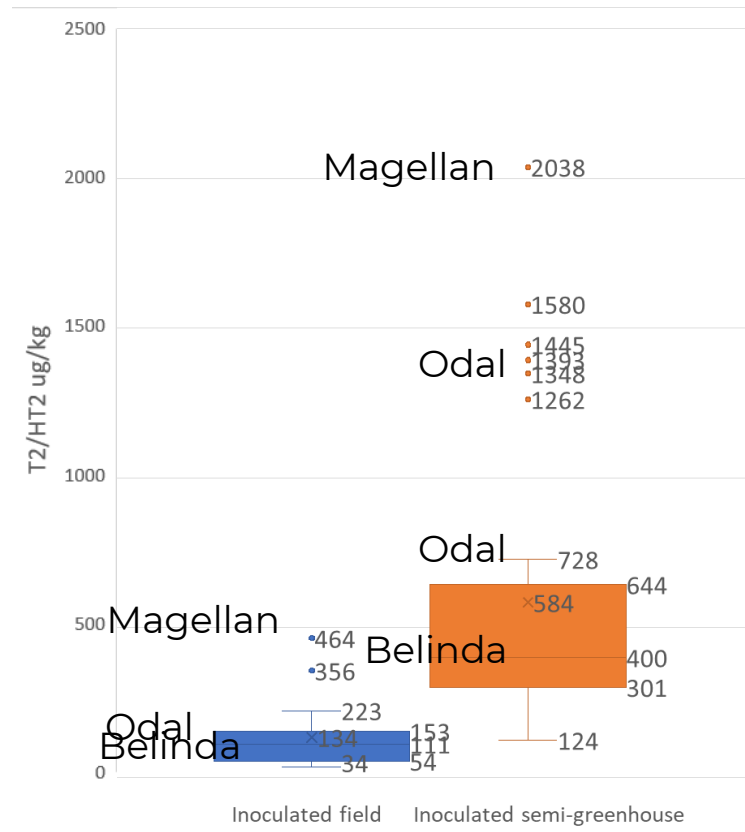
Pääversion kukinnan kesto Tervolassa (päivää)



Lajike-erojen testausta *Fusarium langsethiae* toksiineja kohtaan.



Tartutus ulkona 2024

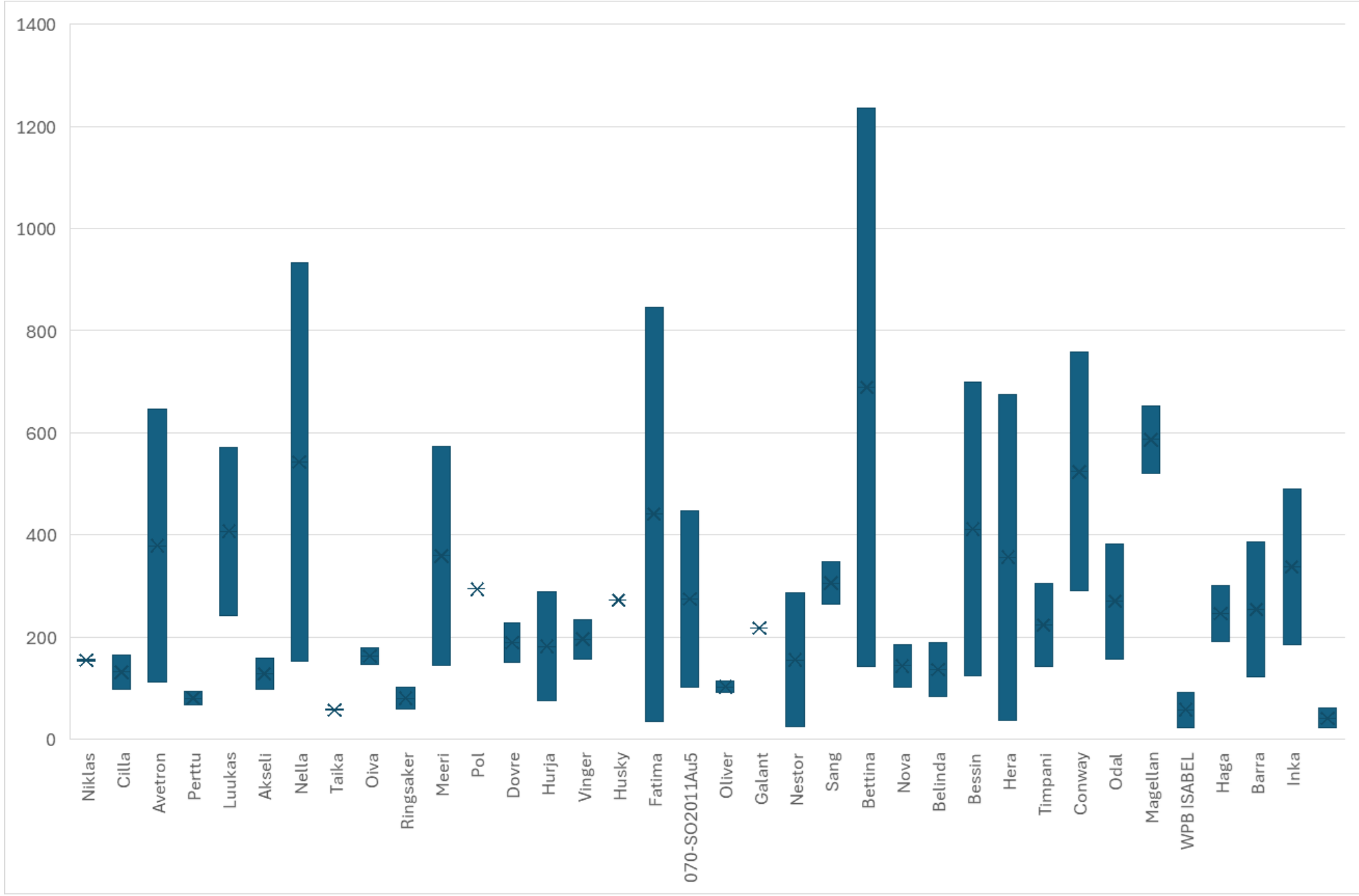


Kuva: Hanna Haikka, Boreal



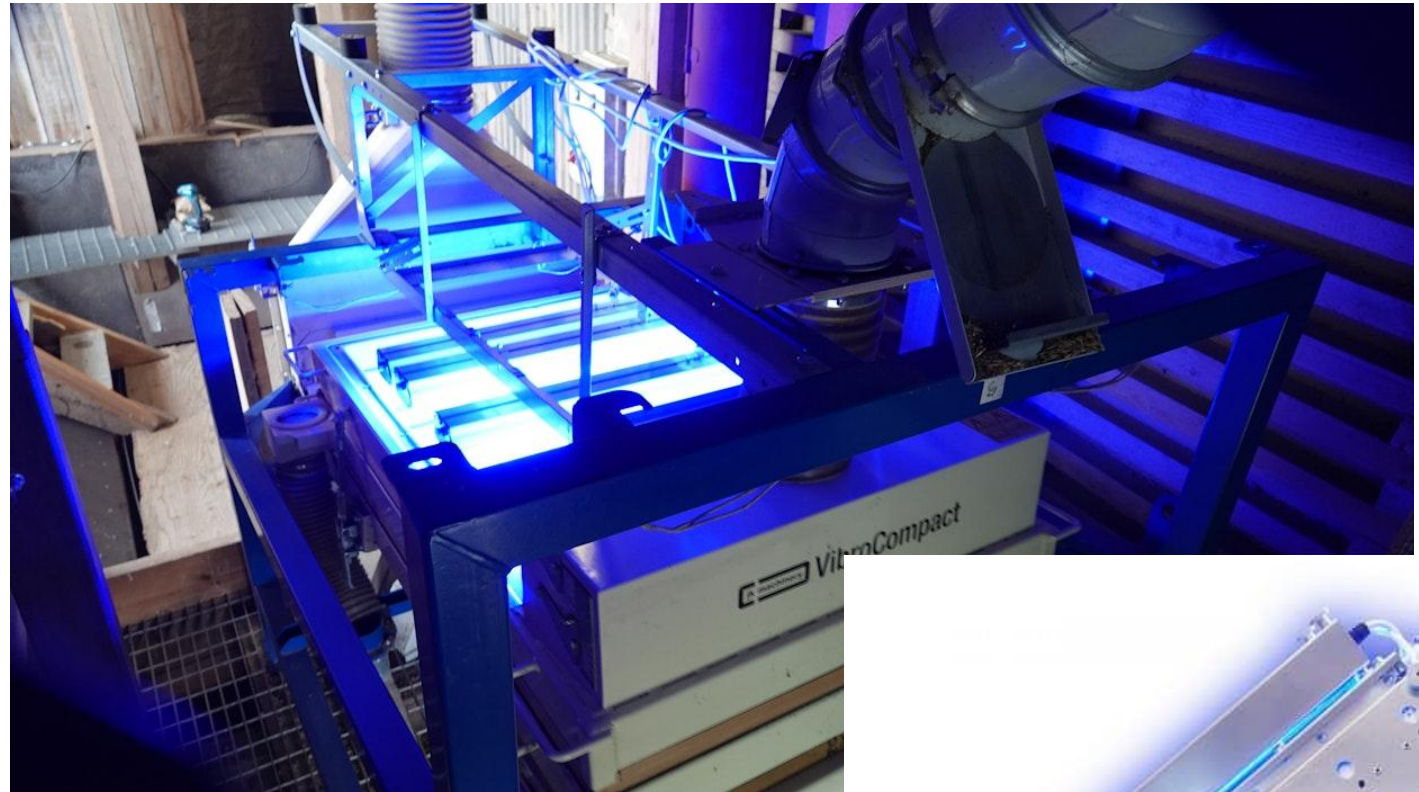
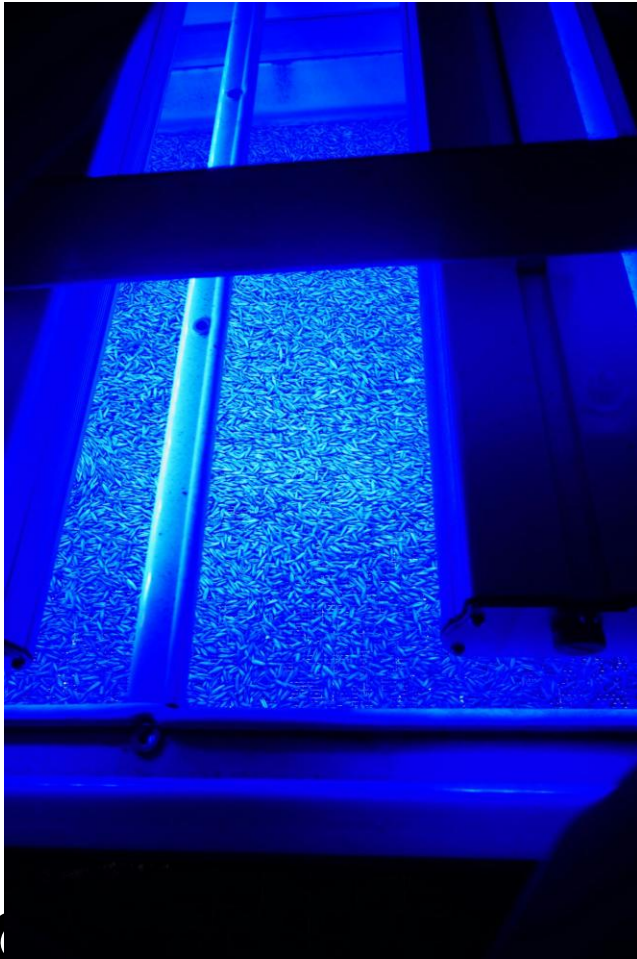
Silmu-huoneessa 2024

Pictures by Auli Kedonperä, Luke



Muita aiheeseen liittyviä puuhia

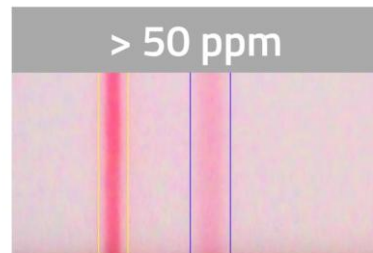
Sinivalo?



Kuvat: Maaseudun tulevaisuus ja
Arska



Punahomeiden paremman hallitsemisen eteen on vielä paljon tehtävissä!

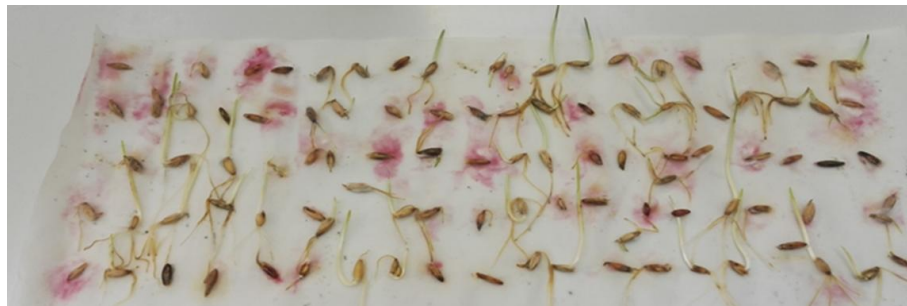


Test line Control line

Details

Product

RIDA QUICK DON RQS ECO



**Kuva: A. Ylhäinen. OatFrontiers
Study Tour 4.-5.8.2025**