



ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS (EMS) B.V.



Een vergelijk van effecten van NOx op de groei van komkommer- en tomatenplanten

Glitch 2020 & Effecten Resultaten van een praktijkproef tomaten 2014 - 2018

Jan-Kees Boerman

EMS B.V.

22 januari 2020

Versie 1.1



WWW.MACVIEW.INFO

© Copyright EMS

Gassensoren in de agrarische- en voedselindustrie



- Environmental Monitoring Systems (EMS) B.V. (The Netherlands) (Jan-Kees Boerman)
- “Breathtaking high-tech gas measurement and monitoring solutions to grow your business in food and fruit”
- Technology meets nature



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

EMS: Gassensoren in de agrarische- en voedselindustrie



- EMS levert gas meet- en analyzesystemen voor de agrarische- en voedselindustrie
- Onze high-tech gassensor systemen meten nauwkeurig en precies gassen afkomstig van de omgeving alsook gassen van het product, wat inzicht geeft in de groei en verbetering van de teelt- en bewaarkwaliteit van fruit, voedsel en de gezondheid van het vee.
- Het begrijpen van de groei- en bewaarkwaliteit resulteert in een efficiency verbetering, risico verbetering, risico management in gewassen, minder voedsel verliezen gedurende opslag, en/of lagere ziektedruk in veeteelt.
- Deze gasmeetsystemen functioneren als sensoren voor de omgeving en sturen de gemeten concentraties naar klimaatbeheersystemen.



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS



EMS: Gassensoren in de agrarische industrie

- Introductie / geschiedenis
- Kernactiviteiten
- Komkommer en effecten
- Effect NOx op tomatenplanten
- Resultaten
- Conclusies



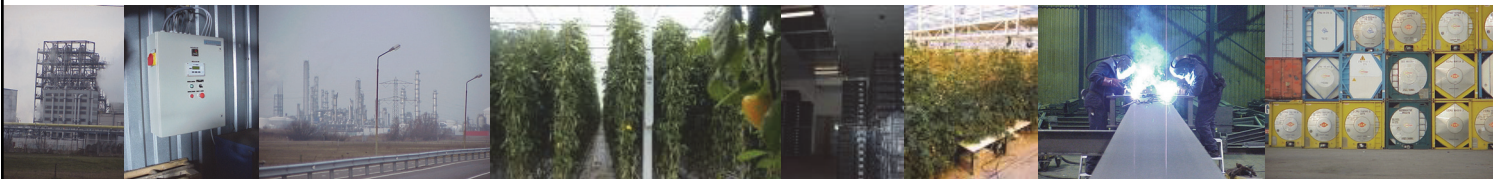
WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Geschiedenis van EMS B.V. (Agrarische toepassingen)

- ❑ EMS B.V. opgericht in 2001 van een spinoff van BSA B.V.
- ❑ 2002 Ontwikkeling van gas- en stofmeetapparatuur voor de procesindustrie
- ❑ 2005 - 2008 Start van de R&D in tulpen bollen en fruitopslag
- ❑ 2009 - 2016 R&D, glastuinbouw, veeteelt, fruitopslag, vis
- ❑ 2017 - 2020 Toename van voedsel gerelateerde toepassingen



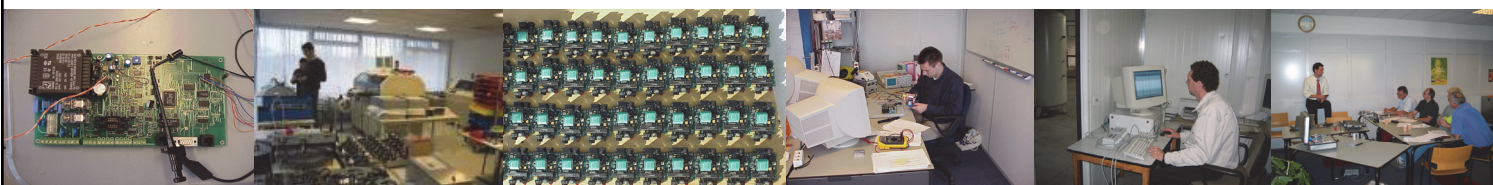
WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Hoofdactiviteiten EMS B.V.

- ❑ R&D van gassensoren -> **OEM Sensoren**
- ❑ Samenwerking met onderzoeksinstituten -> **Kennis**
- ❑ Productie van gasmeetsystemen -> **Producten**
- ❑ Service en integratie van producten met partners -> **Applicaties**
- ❑ Marketing, verkoop en service -> **Integratie van producten**



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Applicaties / Voorbeelden

- Tulpenbollen opslag (Ethyleen)
- Fruitbewaring (Ethyleen, ethanol, O₂)
 - Fruit (Hard) C₂H₄ / O₂ / CO₂ gas metingen C₂H₄ 0-500 ppm
 - Appels C₂H₅OH Gas metingen 0-200 ppb
 - Fruit (zacht) C₂H₄ / O₂ / CO₂ gas metingen C₂H₄ 0-30 ppb
- Glastuinbouw (Ethyleen, NO_x, CO₂, CO, SO₂)
 - Bloemgewassen / Groentegewassen
 - C₂H₄ -> 0 – 10 ppb / NO_x -> 0 – 100 ppb



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Faciliteiten: Apparatuur voor assemblage, PCB productie / metaal werkplaats / onderzoeks laboratorium gas / gewas



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Bronnen NOx en Etheen (C2H4) luchtverontreiniging

- Gewas (Alleen C2H4, normaal wel zeer weinig uitstoot)
- Buitenlucht / Bronnen van buiten / wegen
- Pulsfog systemen
- WKK / ketels / rookgasreinigers
- Schoorstenen
- Mesthoop / compostering
- Periferie rond WKK / ketels / rookgasreinigers zoals kleppen / pakkingen
- Bladzuigers / Heftrucks / Tractors / Grasmaaiers (alle verbrandingsmotoren)
- Overig...



© Copyright EMS



GLITCH

Komkommer gewas en schade

- Schade gezien 2017, 2018, 2019
- Komkommer plant zowel gevoelig voor etheen alsook NOx
- Effectgrenswaarde afhankelijk teeltomstandigheden zoals plantbelasting of stress
- Er lijkt een relatie / combinatie met te veel of te weinig licht
- Komkommer wordt beschouwd als meest gevoelig vruchtgewas onder glas
- Effectgrenswaarden komkommer gewas zeer laag
Ethyleen waarschijnlijk < 11 ppb @ 8 uur blootstelling
NOx waarschijnlijk < 50 ppb @ 24 uur blootstelling



WWW.MACVIEW.INFO

©Copyright EMS



© Copyright EMS

Komkommer gewas en schade

- Schade doorgaans in winter periode waargenomen
- Doorgaans langere tijd lastig weer om veel te luchten
- Bladranden, soms knopabortie
- Kwaliteit buitenlucht is steeds meer een parameter van invloed
- Steeds meer belang om effectgrenswaarden komkommer te kennen



Algemene effecten van NOx / Etheen (Theorie)

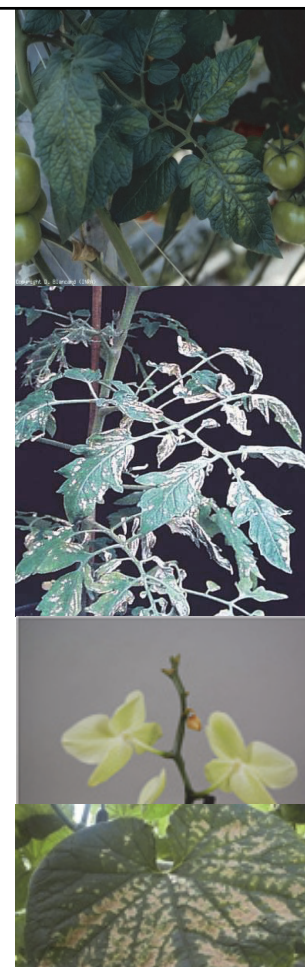
NOx

- Zichtbare schade
- Groei – reductie in biomassa, reproductie
- Fysiologisch – stomataire geleidbaarheid, fotosynthese
- Biochemisch – enzymaciteit, chlorofyl gehalte

Etheen

- Afsterven van bladweefsel
- Veroudering, abortie van bloem / vrucht
- Epinastie, chlorose, groei-reductie
- Vergeling, versnelde afrijping, bloemverdroging

Overgenomen uit: Presentatie begassingsonderzoek "Grenzen voor luchtkwaliteit 2011".



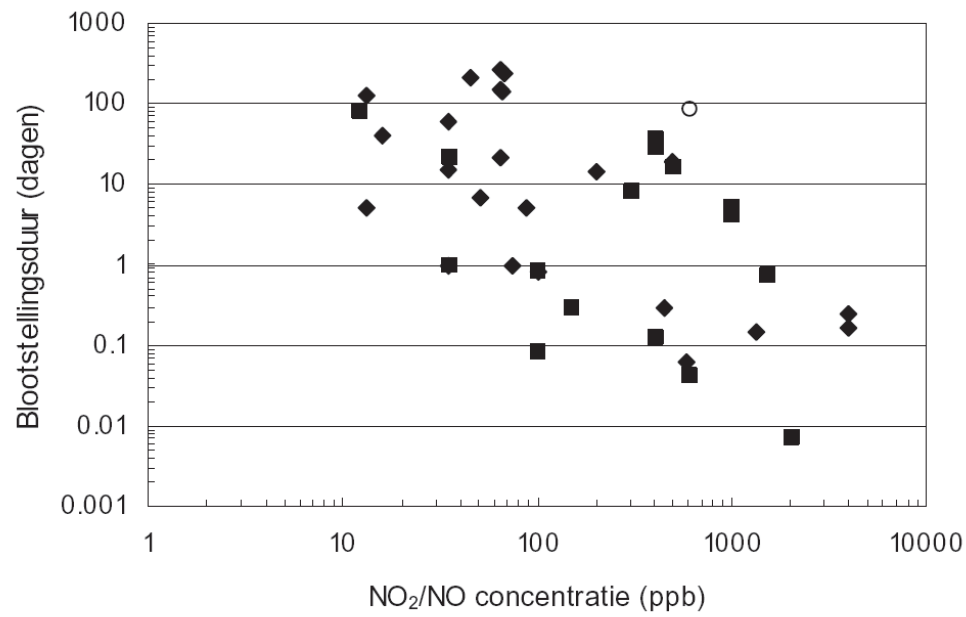
Komkommerplant schadebeelden



Komkommerplant schadebeelden



Effect van NOx: Uit begassingsonderzoek WUR GVL 2011



Overgenomen uit: Presentatie begassingsonderzoek "Grenzen voor luchtkwaliteit 2011".

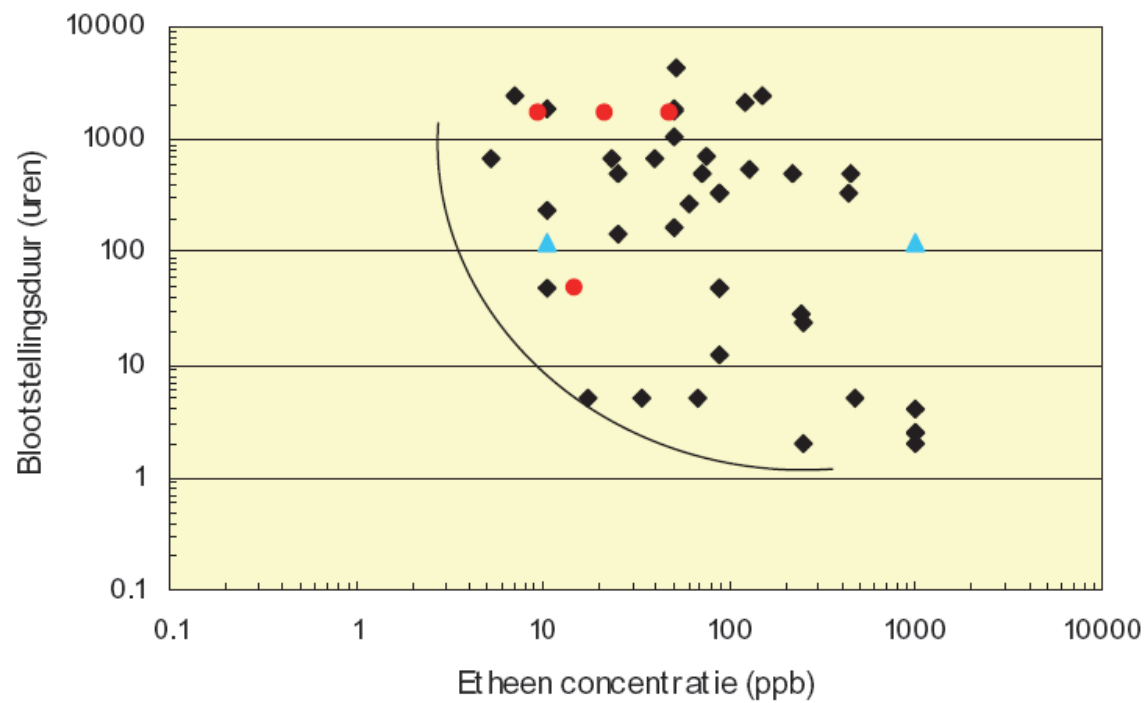


WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Effect van Etheen: Uit begassingsonderzoek WUR GVL 2011



Overgenomen uit: Presentatie begassingsonderzoek "Grenzen voor luchtkwaliteit 2011".

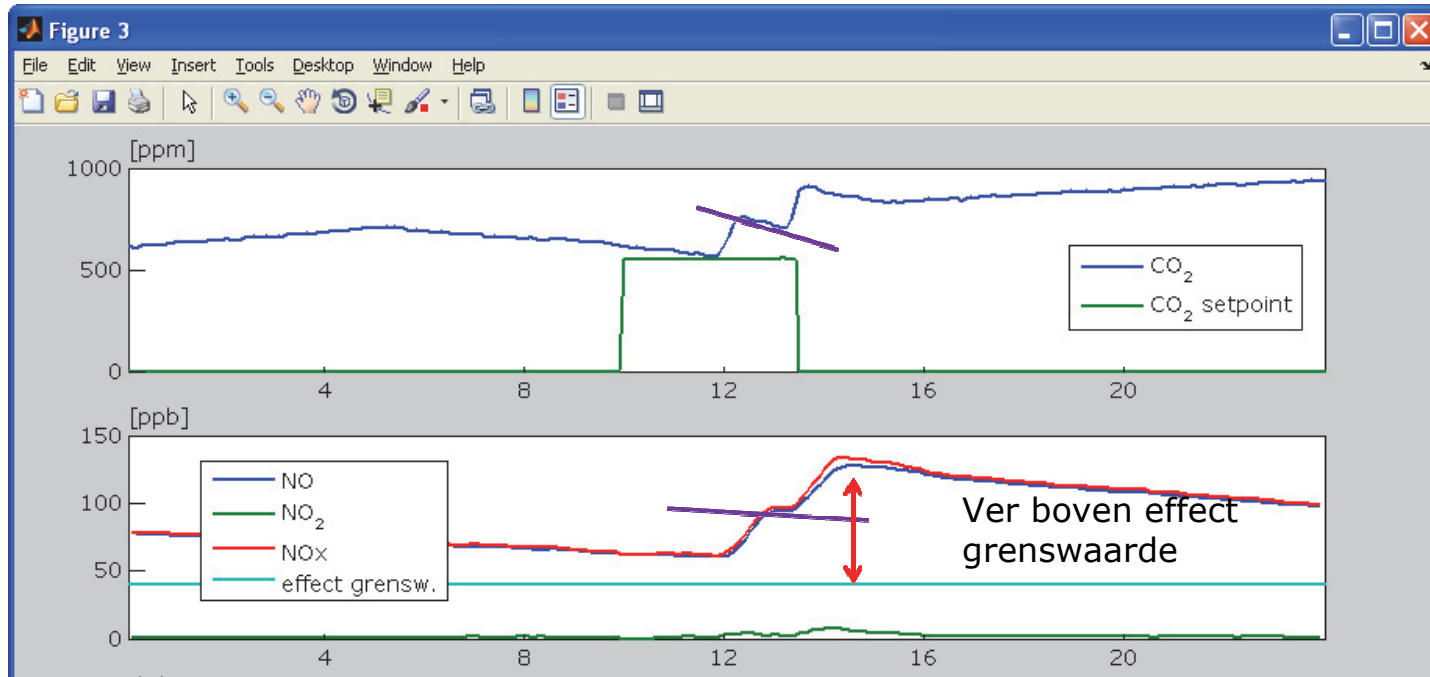


WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

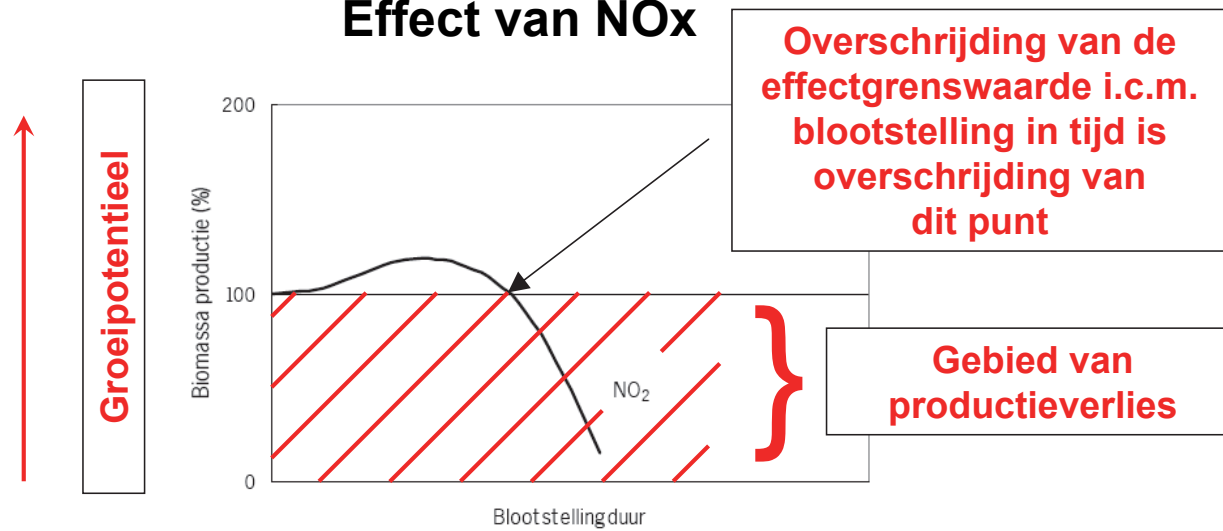
Resultaten:



CO₂ 550 → 900 ppm + 60 % (Ketel)
 NO_x 60 → 135 ppb + 125 % → stapeling

© Copyright EMS

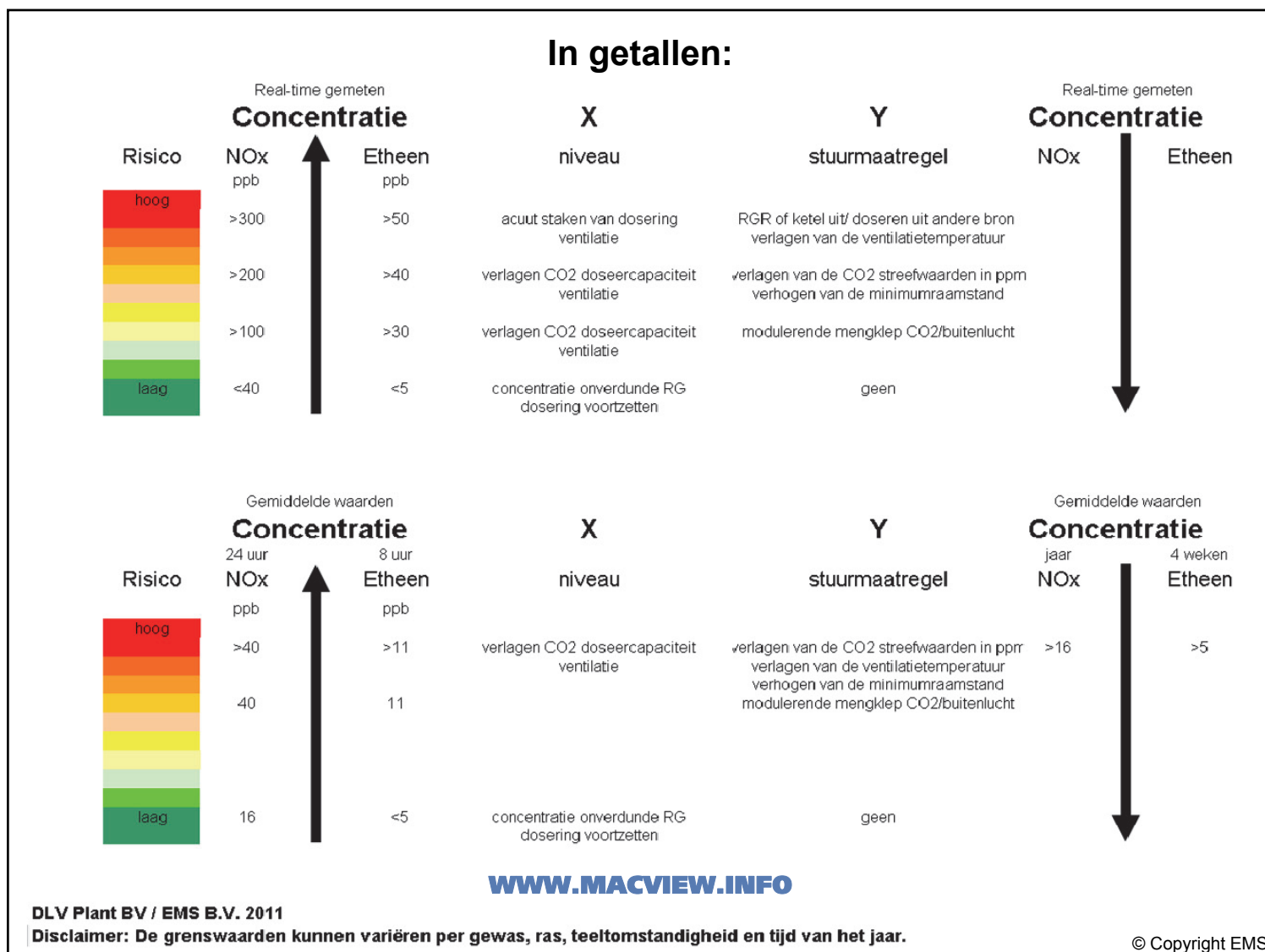
Effect van NOx



Figuur 6.1. Schematische voorstelling van de biomassa productie in relatie tot de blootstellingsduur aan NO₂.

Overgenomen uit: CO₂ bij Paprika: meerwaarde en beperkingen: A. Dieleman et al. (Nota 494)





Toepassing van de Greenhouse GA in de glastuinbouw



Greenhouse GA meet op gewasniveau:

Ongewenst rookgas:

- C₂H₄ (Etheen op ppb niveau)
- NO → Samen NO_x (ppb)
- NO₂ →
- CO (ppb)

Gewenste deel uit rookgas:

- CO₂ (ppm)

WWW.MACVIEW.INFO

ISO 9001 & VCA GECERTIFICEERD
© Copyright EMS

Vergelijking

- ❑ CodiNox bewaakt: **Apparatuur**
NOx op +- 20 ppm niveau (20.000 ppb)
Etheen op 50 – 450 ppb
- ❑ Greenhouse GA bewaakt: **Gewas**
NOx op 0 – 200 ppb niveau
Etheen op 0 – 20 ppb niveau



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

NOx meting in tomaat -> ook te extrapoleren op komkommerplant



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Effecten van NOx op de groei van tomatenplanten

- Projectdata verzameld van een kas -> Letsgrow database
- Greenhouse Gas Analyser binnen in de kas
- Greenhouse Gas Analyser buiten de kas
- Photosynthese / PAR / metingen tussen het tomatengewas
- PASKAL weegsystemen onder en boven het tomatengewas
- Alle sensoren afgesteld, gekalibreerd, vastgelegd in meetprotocol
- Projectperiode 2014 – 2017
- Data verzamelperiode mei 2015 – aug. 2017, 500 dagen met data



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

EMS Praktijk onderzoek / Fundamenteel onderzoek derden

- Uit onderzoek in de praktijk van EMS blijkt dat NOx het fotosyntheseprocess vertraagt en in staat is het positieve effect van CO₂ te elimineren, wat in overeenstemming is met eerder onderzoek (Mortensen, 1985a). Tomatenplanten zijn over het algemeen gevoeliger voor NOx dan andere soorten (Mortensen, 1985b). Hoewel het negatieve effect van NOx op de groei van tomaat is bewezen in dit onderzoek van EMS, wijst ander wetenschappelijk onderzoek erop dat NOx (bestaande uit zowel NO als NO₂) een positief effect op de plantengroei heeft (Takahashi & Morikawa, 2014).
- Takahashi et al. rapporteerde in 2005, “**an unexpected novel finding that exogenously supplied atmospheric NO₂ at an ambient concentration is a plant vitalization signal to double shoot size and the contents of cell constituents.**” Deze test was uitgevoerd op een Nicotiana plumbaginifolia wat bekend staat als een tex-mex tabaksplant. Zij concludeerde met “**It thus seems very likely that the primary role of NO₂ is as a multifunctional signal to stimulate plant growth, nutrient uptake and metabolism.**”



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Welke gewassen ? Welke omstandigheden in het project ?

- Dit effect is naast tomaten ook opgemerkt bij andere gewassen gekweekt in kassen zoals (maar niet beperkt tot) komkommers, paprika's, cannabis, sla, roos en andere vruchten, groenten en bloemgewassen.
- In deze presentatie lichten we de resultaten van de praktijktest van EMS toe en citeren we ook een aantal onderzoekspapers die de bevindingen en de resultaten van het praktijkproject bevestigen. De gegevens zijn verzameld over een periode van 500 dagen gemeten, geanalyseerd en gemodelleerd. Voordat de metingen werden gestart, werden alle posities van de gebruikte sensoren nauwkeurig gedefinieerd, gekalibreerd en gecontroleerd. Tevens werden tijdens de meetperiode alle sensoren periodiek gecontroleerd. De resultaten in dit rapport zijn gebaseerd op (dag) lichtgemiddelden voor NO_x, CO₂ en relatieve vochtigheid en temperatuur. De plantengroei is de totale groei bereikt in een 24-uurs cyclus van 0:00 tot 24:00 uur.

NO_x invloed en biomassa omzetting

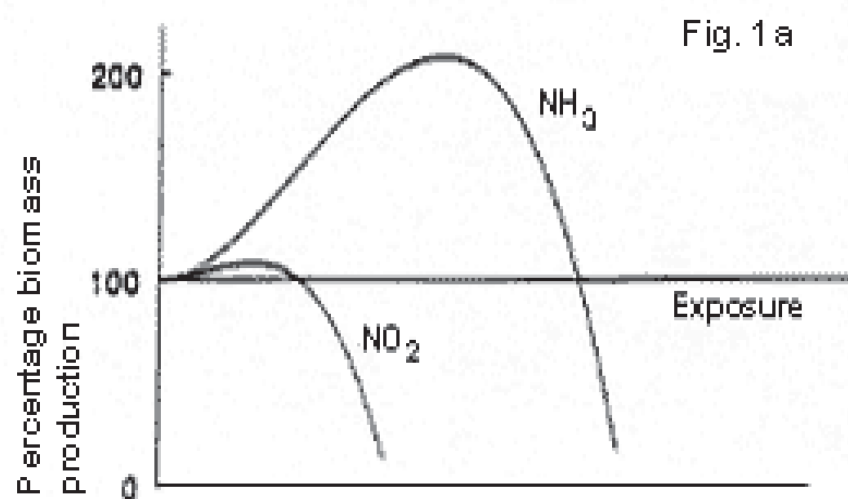


Fig. 1a. Biomass production related to exposure to NH_y or NO_x.

Figuur 1, Hypothetische blootstelling / reactie met de relatie voor stikstofgebonden gassen.

Nadelige synergetische effecten van NOx

- ❑ Niet onderzocht, maar wel bekend vanuit eerder wetenschappelijk onderzoek, is dat de SO₂ ook een negatieve invloed heeft op plantgroei. Geciteerd van het "Swedish Pollutant Release and Transfer Register - Nitrogen oxides (NOx)," n.d. **"It is suspected that NO and NO₂ may have a synergistic effect with SO₂ increasing the damage more than the sum of the individual effects. "**
- ❑ Overgenomen en geciteerd uit de WHO Regional Office voor Europa, Kopenhagen, Denemarken, 2000, Hoofdstuk 11 "Effects of nitrogen containing air pollutants: critical levels: **"More-than-additive effects (synergism) have been found in nearly all studies concerning SO₂ + NO₂ (25). Inhibition of NiR by SO₂, resulting in the inability of the plant to detoxify nitrite, might be the cause of this interaction. High concentrations can cause visible injury via lipid breakdown and cellular plasmolysis. At lower concentrations inhibition of lipid biosynthesis may dominate, rather than damage of existing lipids (3)."**



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

NO Phytohormone ?

- ❑ Overgenomen en geciteerd van onderzoek dat is uitgevoerd door M. Takshima en H. Morikawa, (2014) is het duidelijk dat NOx alle kenmerken heeft van een fytohormoon. Geciteerd van: M. Takshima and H. Morikawa Plant Signaling & Behavior 9, e28033; February; © 2014 Landes Bioscience:
- ❑ **NO has been considered a phytohormone based on its qualitative dependence on hormone dosage, site of action, kinetics of synthesis, metabolism and transport, and interactions with other regulators (reviewed by Shapiro13). NO₂ meets some of these criteria. For example, in addition to the fact that NO₂ is either beneficial or detrimental to plants (Takahashi et al. and references therein), our study has demonstrated:**
 - 1) that NO₂ induces increases in organ size and biomass at concentrations as low as 10 ppb, and
 - 2) that higher levels (≥ 200 ppb) of NO₂ significantly inhibit the growth of Arabidopsis.



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Biochemical proces / plantphysics

- Vanuit eerder onderzoek uitgevoerd door Yanbo Hu et al. (2014) is het duidelijk dat gasvormig NO₂ invloed heeft op de plantgroei. In hun onderzoek wordt uitgelegd dat NO₂ een directe invloed heeft op de transmembrane transporters, NO₃⁻ / NO₂⁻ (nitrite) reductase, of assimilatie enzymen betrokken in het stikstof (N) metabolisme. Het is aannemelijk dat NRT1/NRT2 genexpressie en het soorten afhankelijke apoplastisch buffer capaciteit, een relatie heeft met het soorten specifieke blad opname proces van NO₂.
- Hun conclusie luidt als volgt: **In practical terms, a high rate of low concentration NO₂ absorption by the foliage may be positive for preserving an adequate plant N status. However, a high NO₂ concentration may alter leaf apoplast chemistry, leading to the accumulation of NO₃⁻ and NO₂⁻, and providing signals which may negatively affect plant N nutrition. These factors are however closely linked with leaf NO₃⁻ transporters and may also interact with the foliar uptake processes (e.g., by promoting stomatal closure). Thereby, a low NO₂ concentration may act as a positive regulation signal (Takahashi et al., 2014) by stimulating the leaf NO₃⁻ transporters, and enhancing NO₃⁻ transport and distribution. In contrast, a high NO₂ concentration in relation to a high rate of foliar NO₂ absorption, may repress the expression of NO₃⁻ transporters and enzymes, which may protect the cells or organelles from NO₂ damage.**

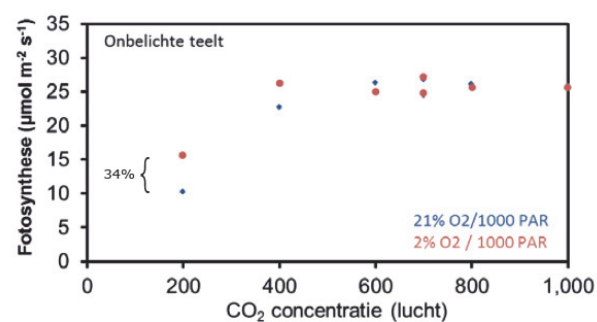


WWW.MACVIEW.INFO

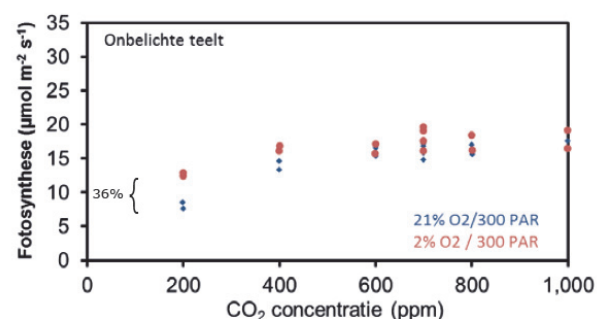


© Copyright EMS

CO₂ verzadiging / fotosynthese



Figuur 3.19 CO₂ respons van de fotosynthese in een onbelicht gewas bij hoog licht (1000 μmol PAR m⁻² s⁻¹), en bij hoog (21%) en laag (2%) zuurstof.



Figuur 3.20 CO₂ respons van de fotosynthese in een onbelicht gewas bij laag licht (300 μmol PAR m⁻² s⁻¹), en bij hoog (21%) en laag (2%) zuurstof.

Uit: Plantmonitoring op basis van fotosynthese sensoren WUR Rapport WPR-712

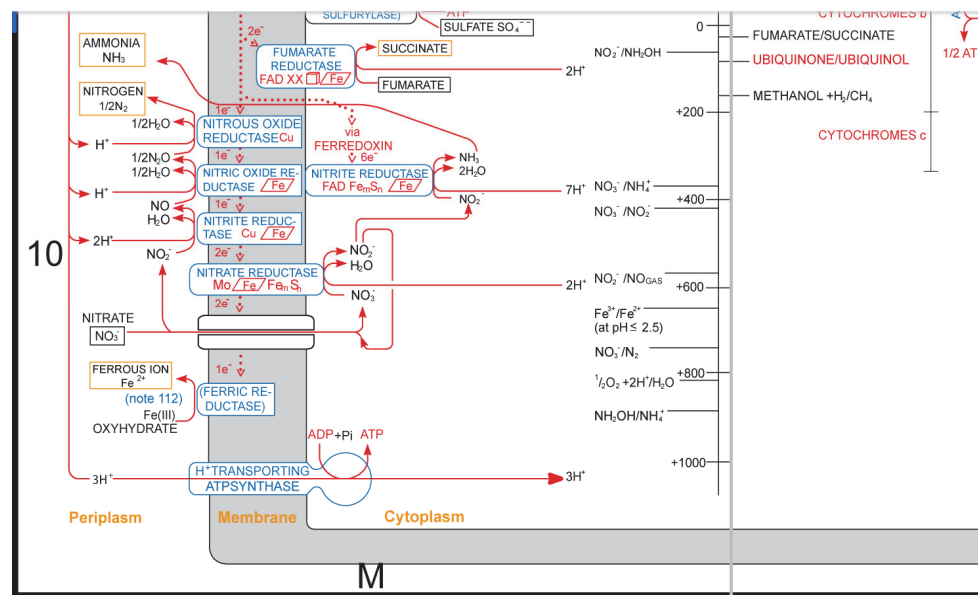


WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Resultaten / grafieken



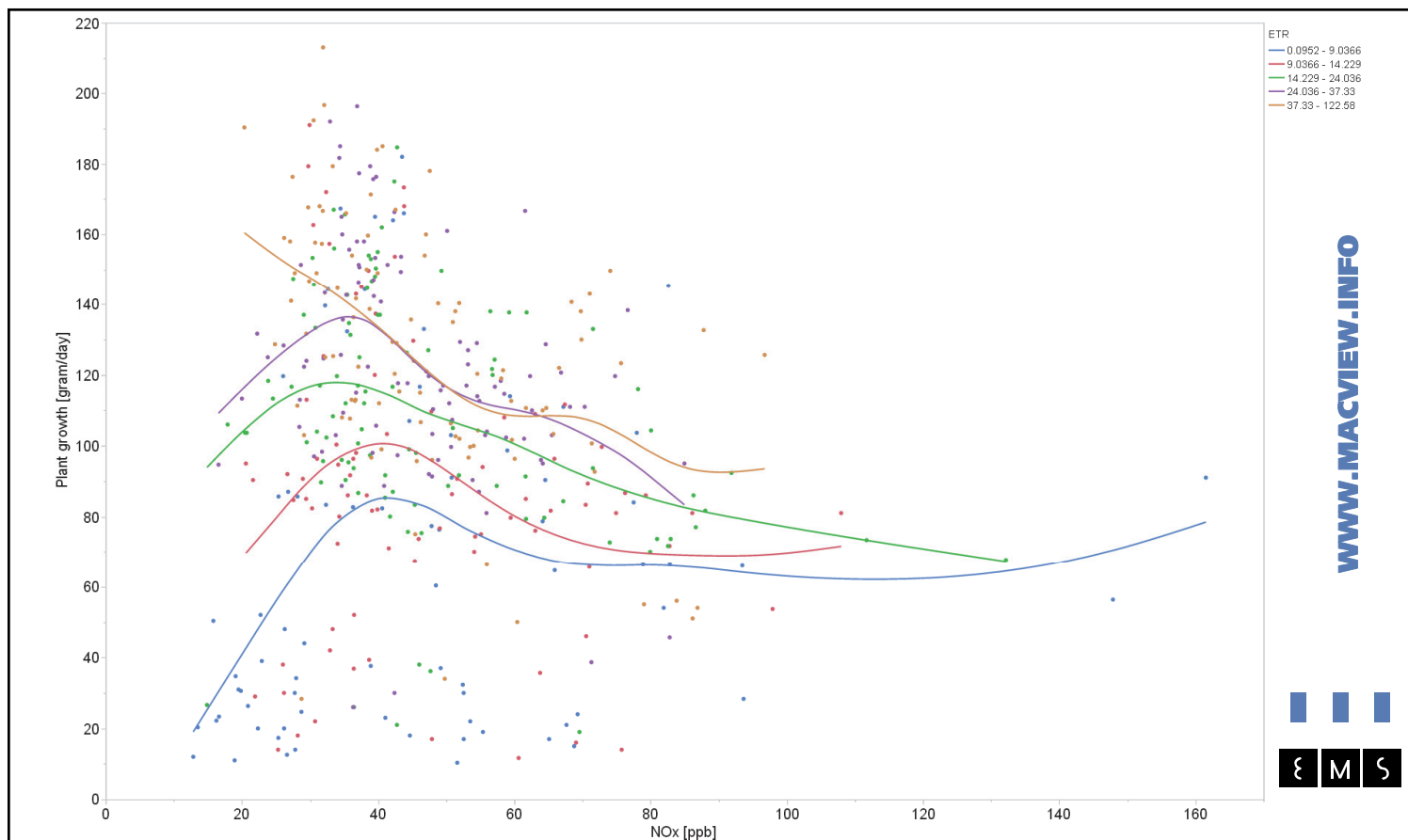
Figuur 2, NR (Nitrate Reductase) en NiR (Nitric Reductase) zijn processen die direct beïnvloed worden door externe + NO₂ in de gasfase. (Foto geëxtraheerd uit Roche Biochemical Pathways 4e editie, deel 2)



WWW.MACVIEW.INFO

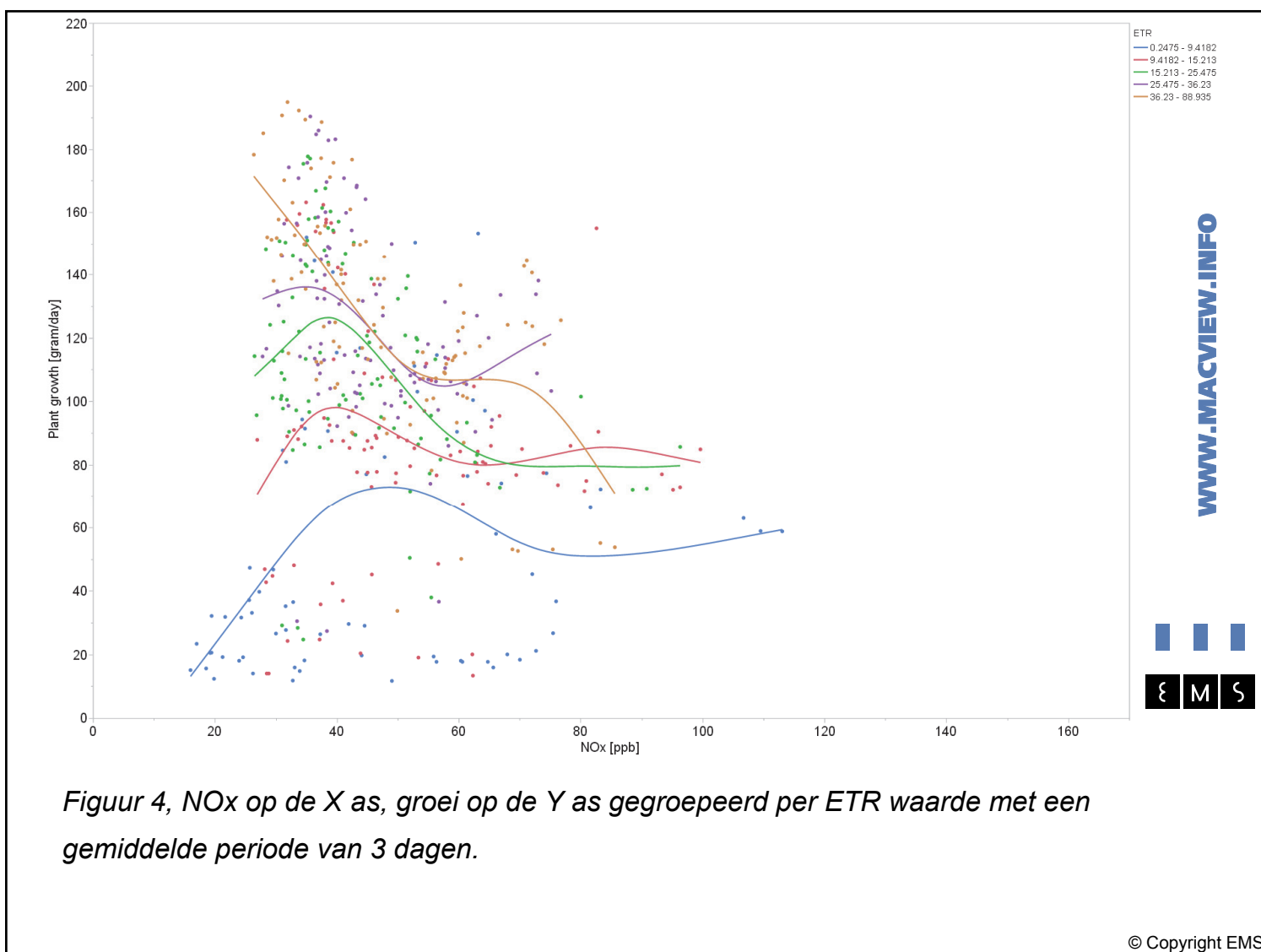
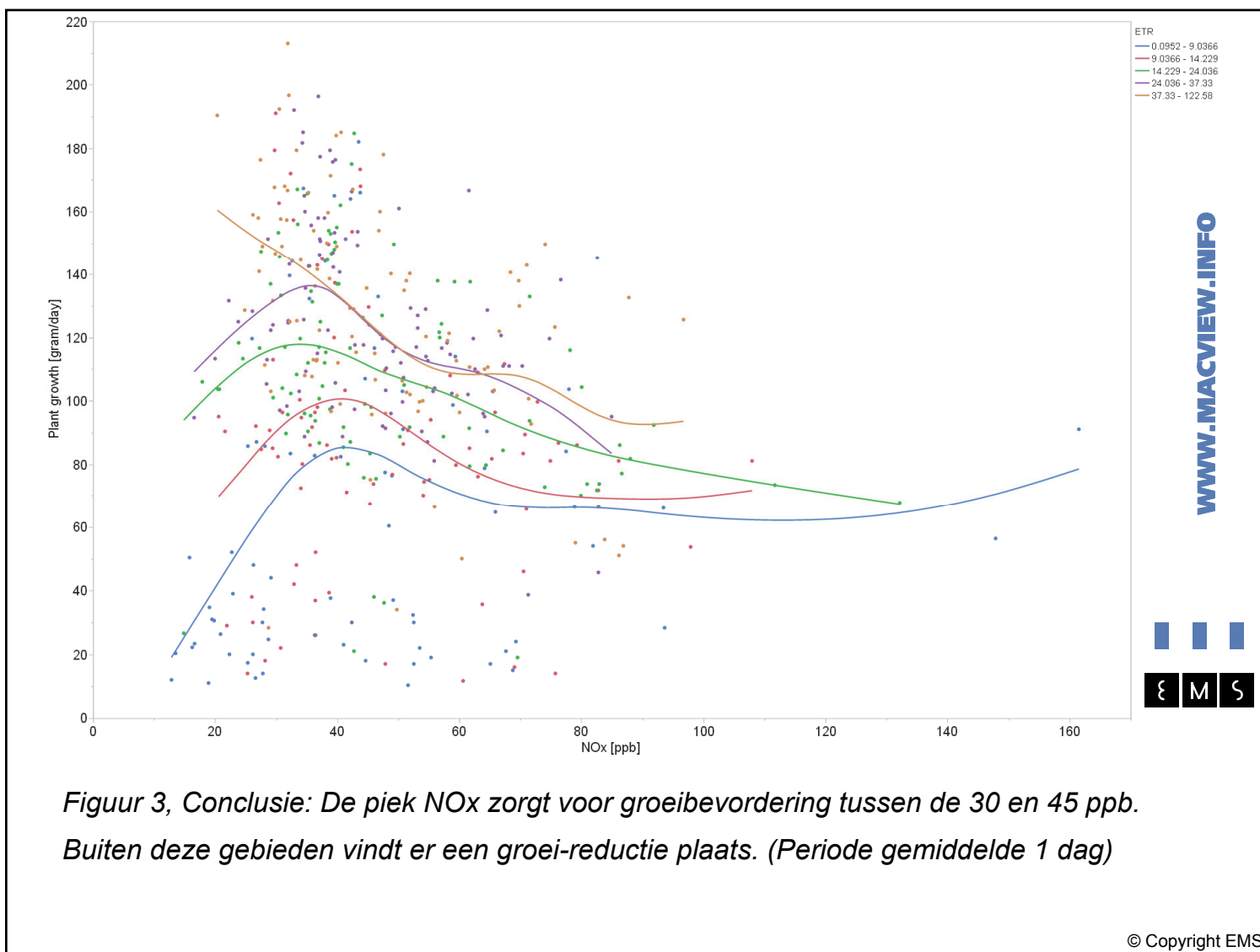


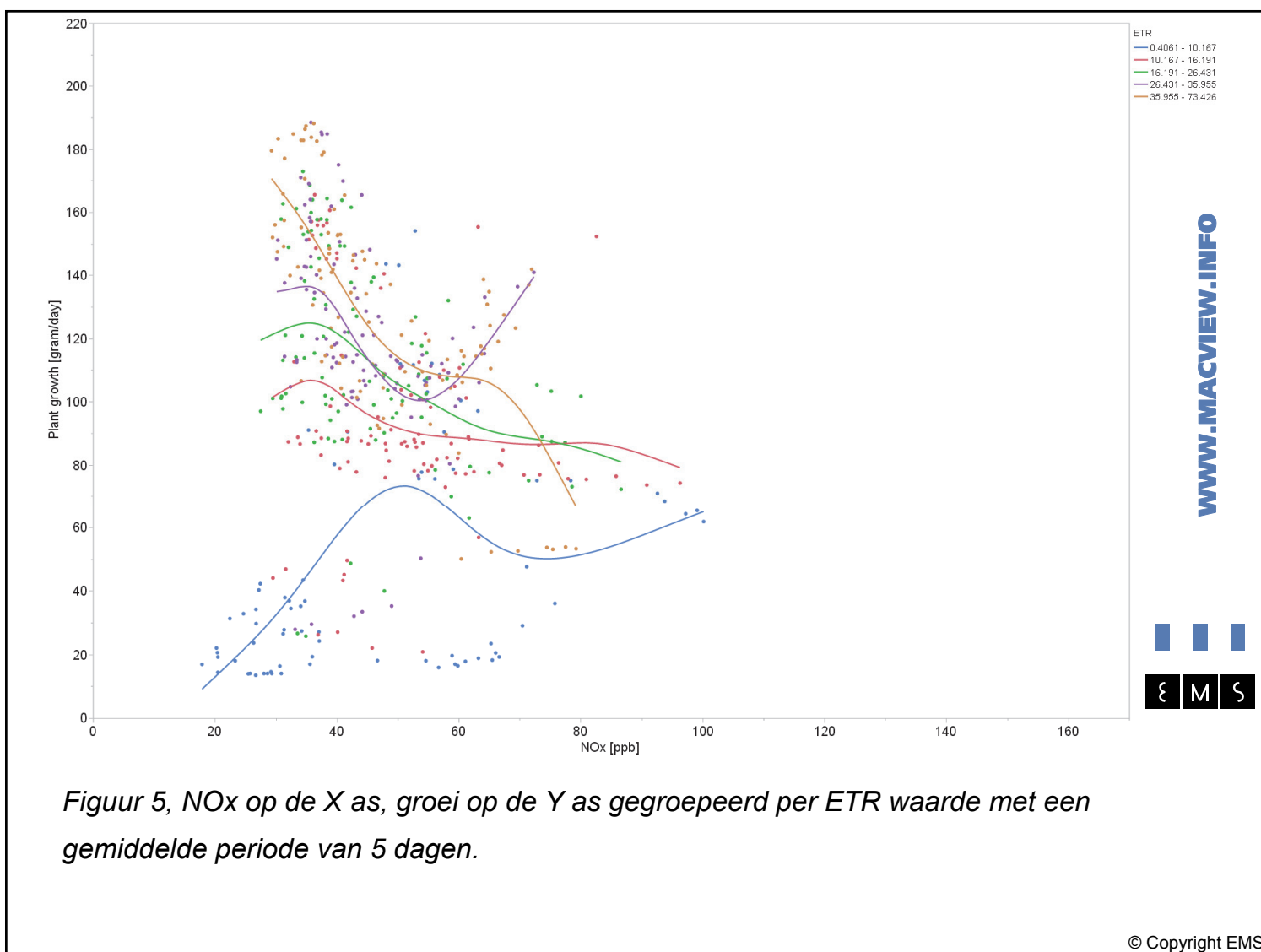
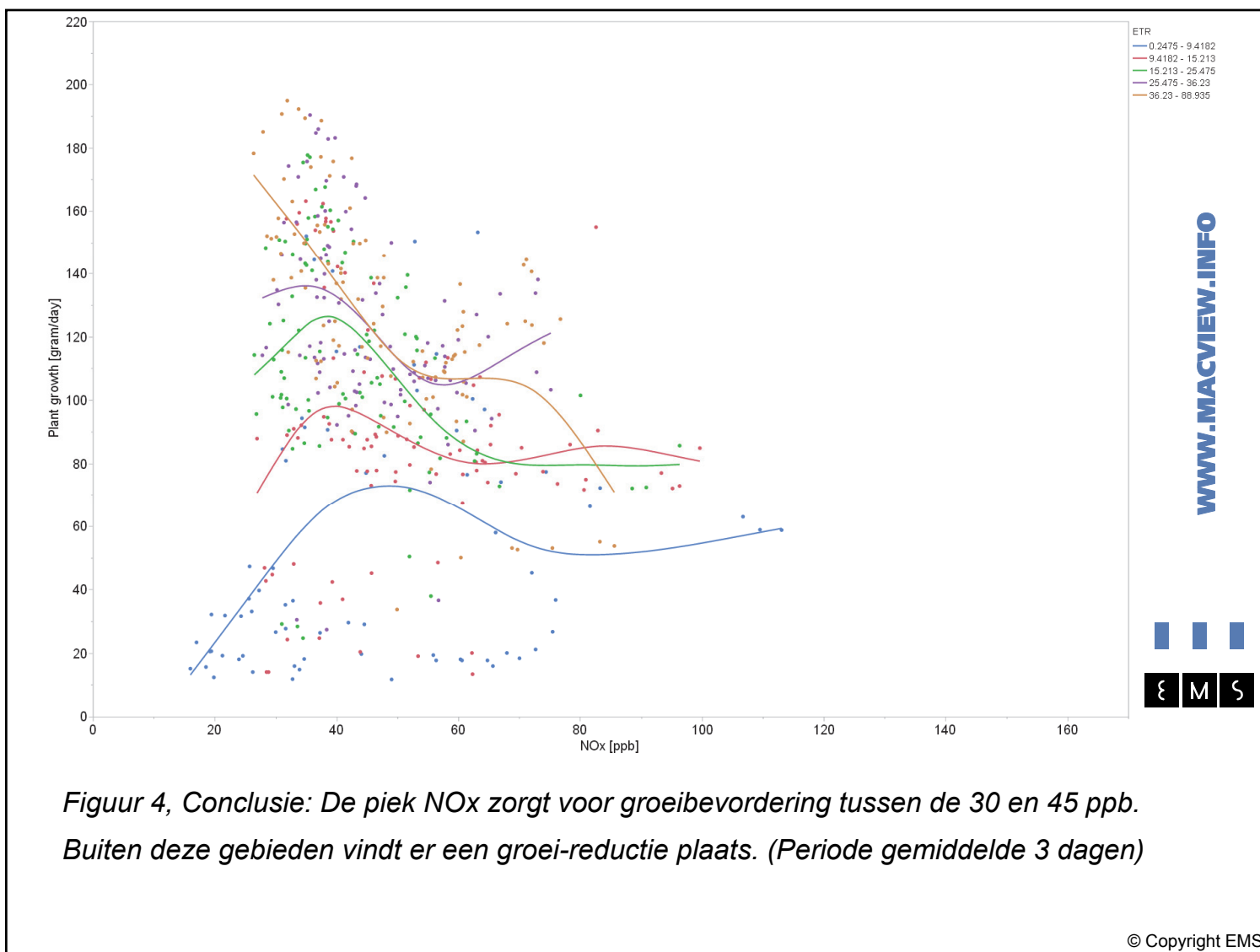
© Copyright EMS

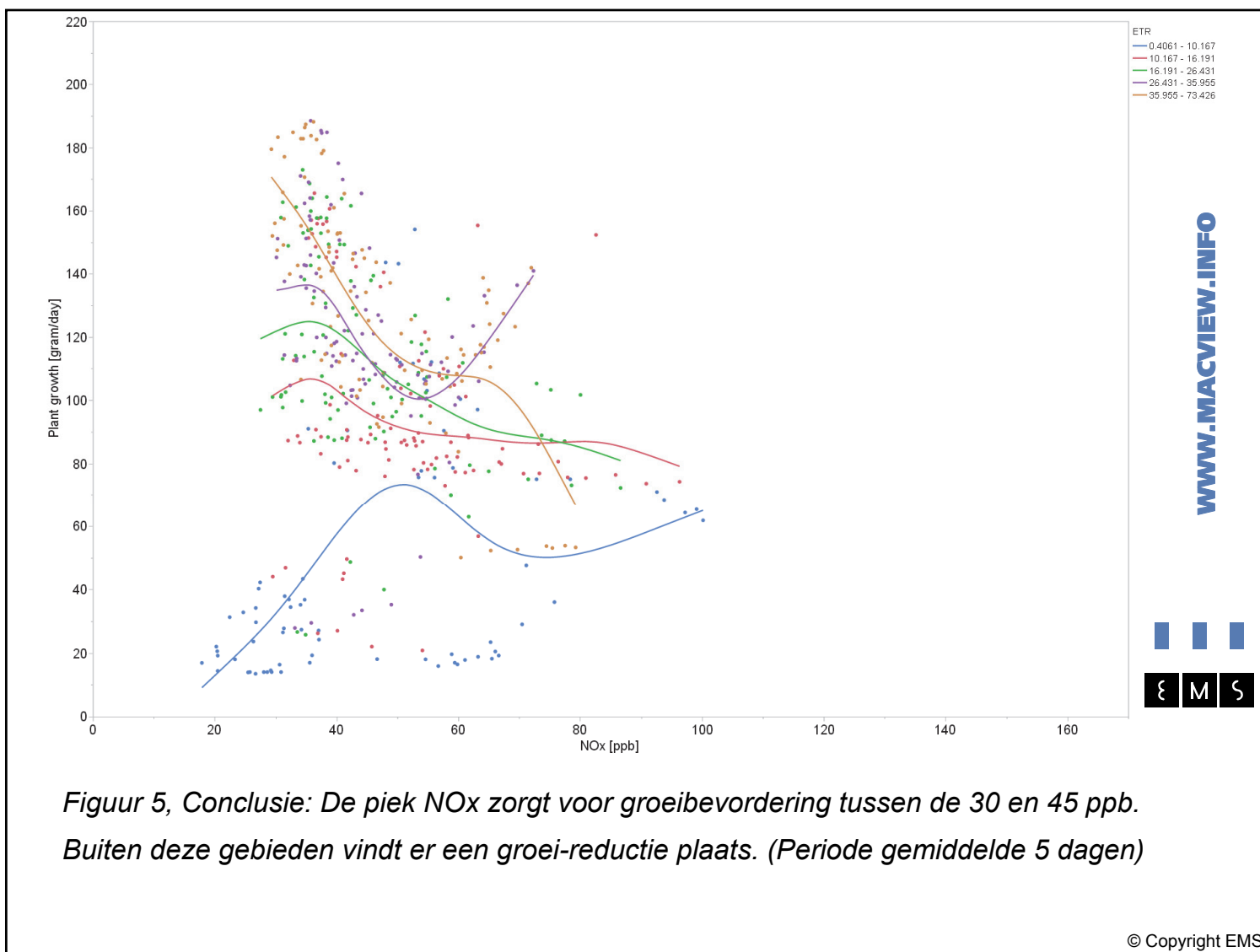


Figuur 3, NO_x op de X as, groei op de Y as gegroepeerd per ETR waarde met een gemiddelde periode van 1 dag.

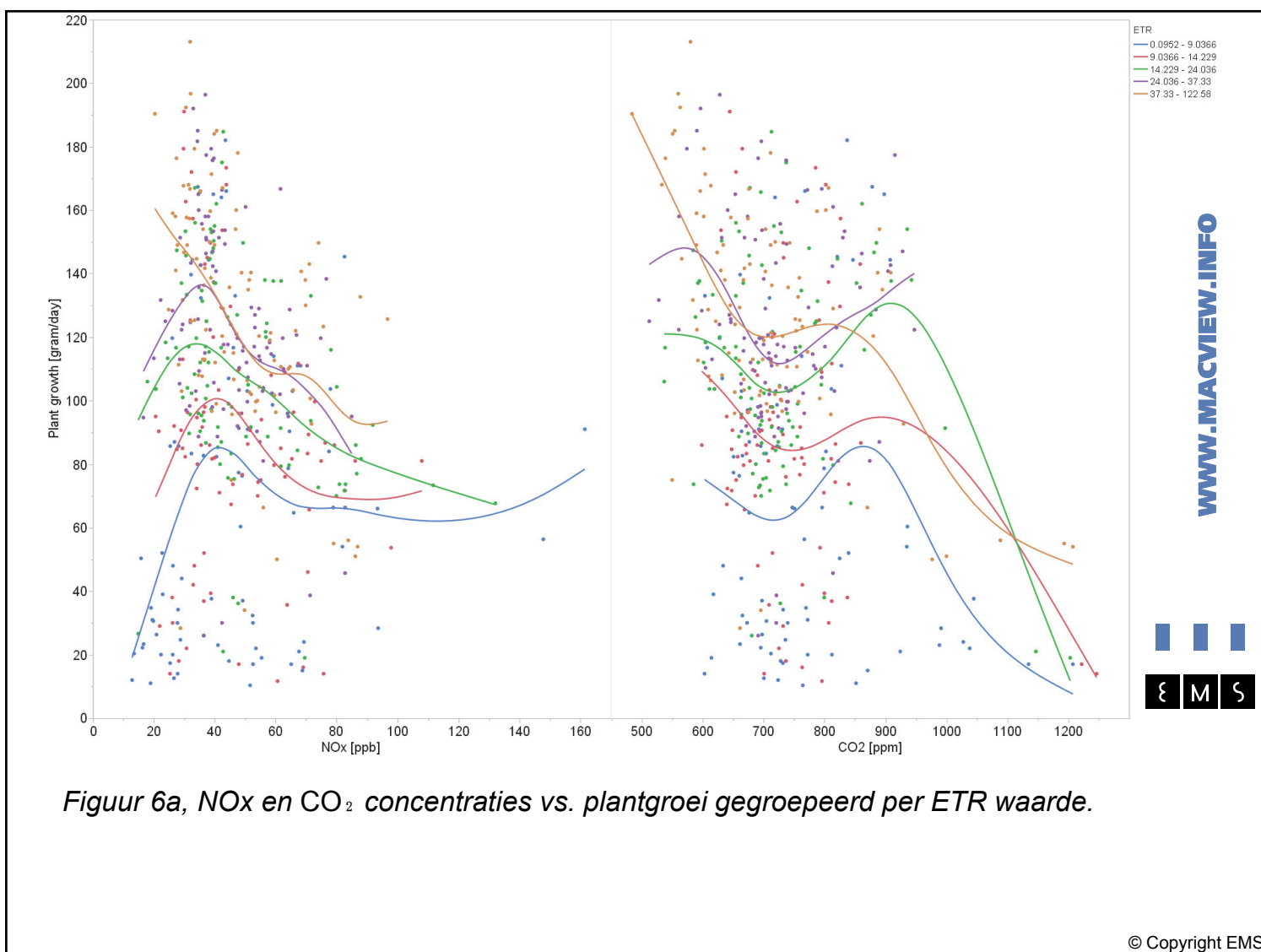
© Copyright EMS



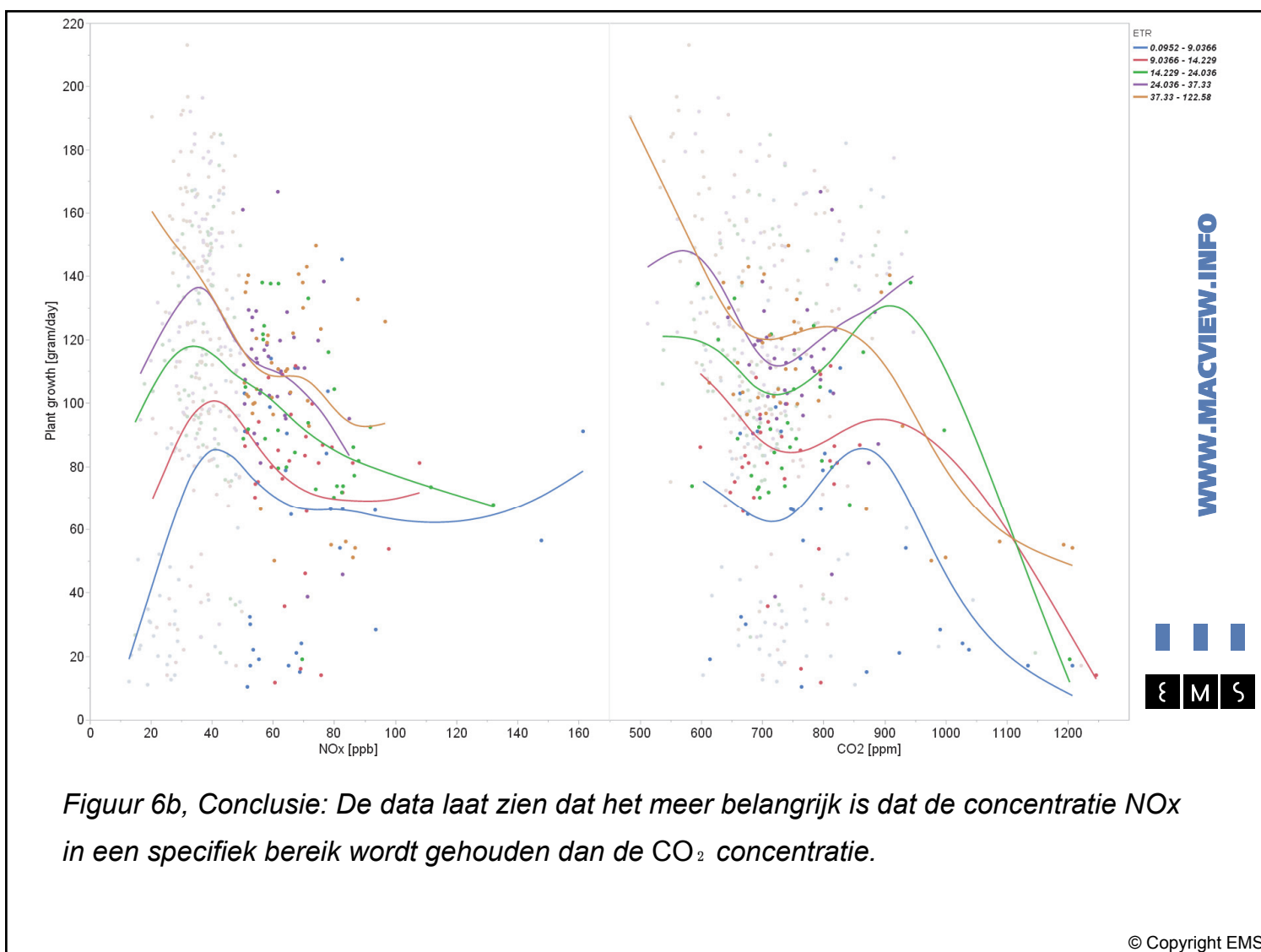
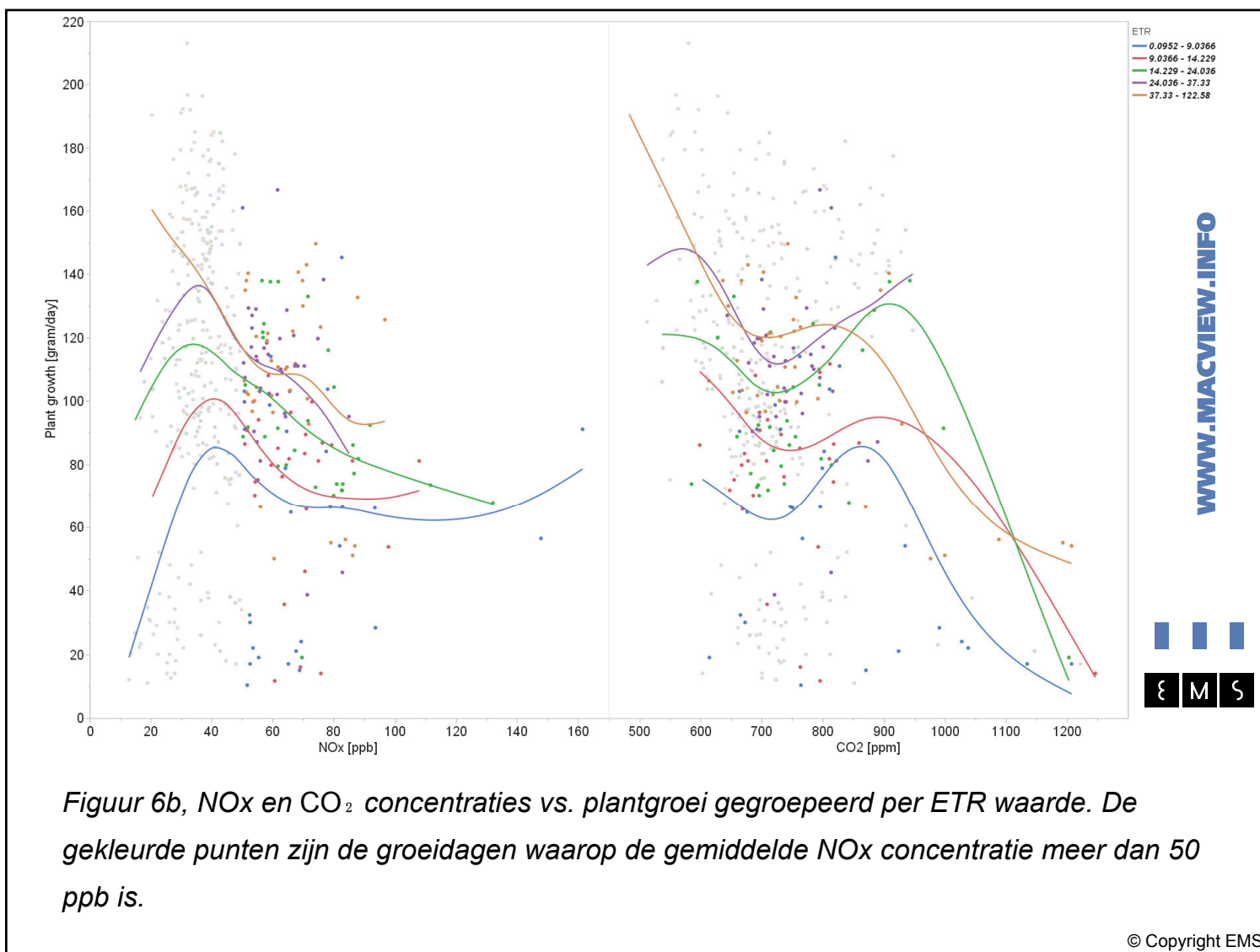


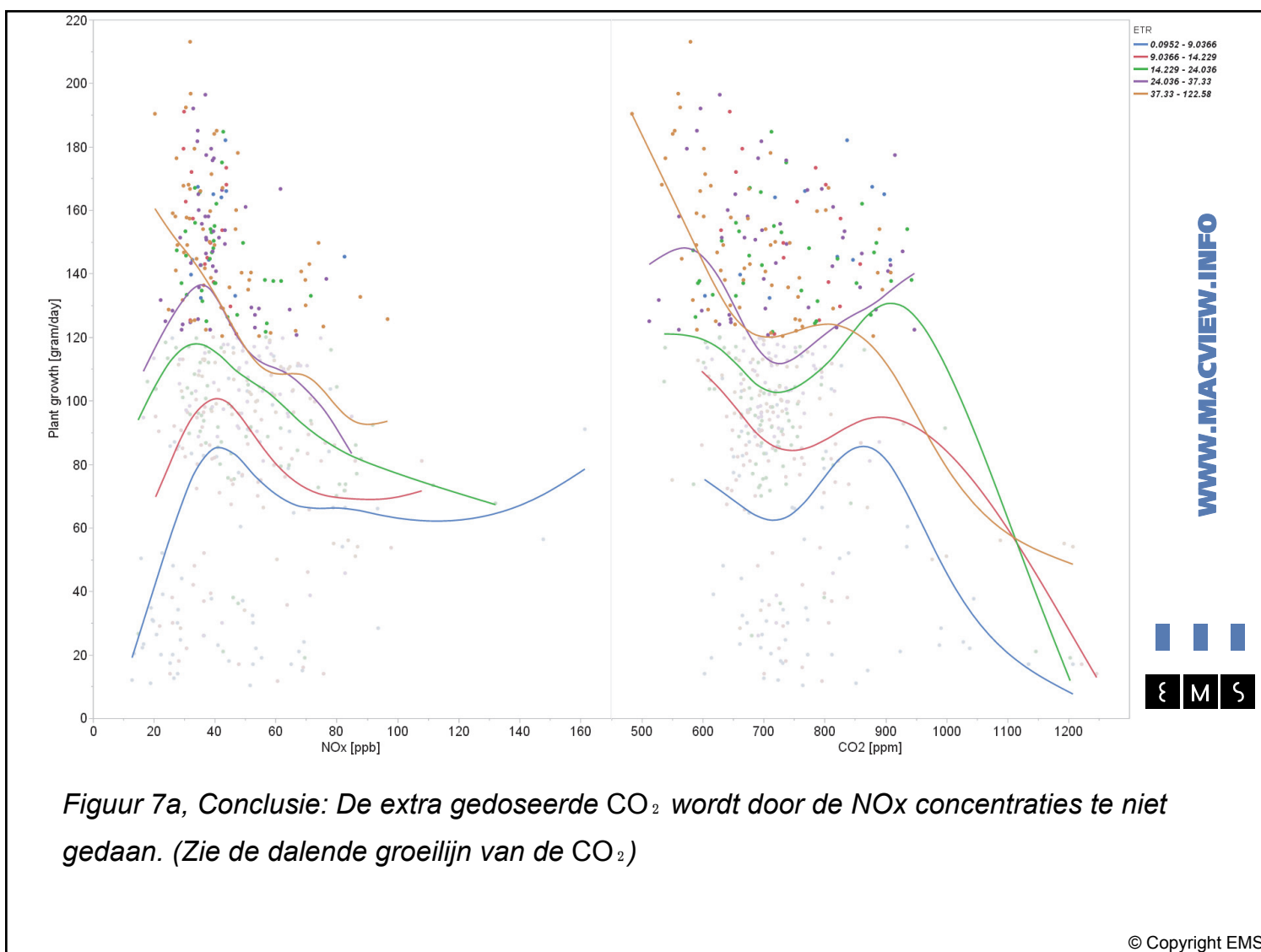
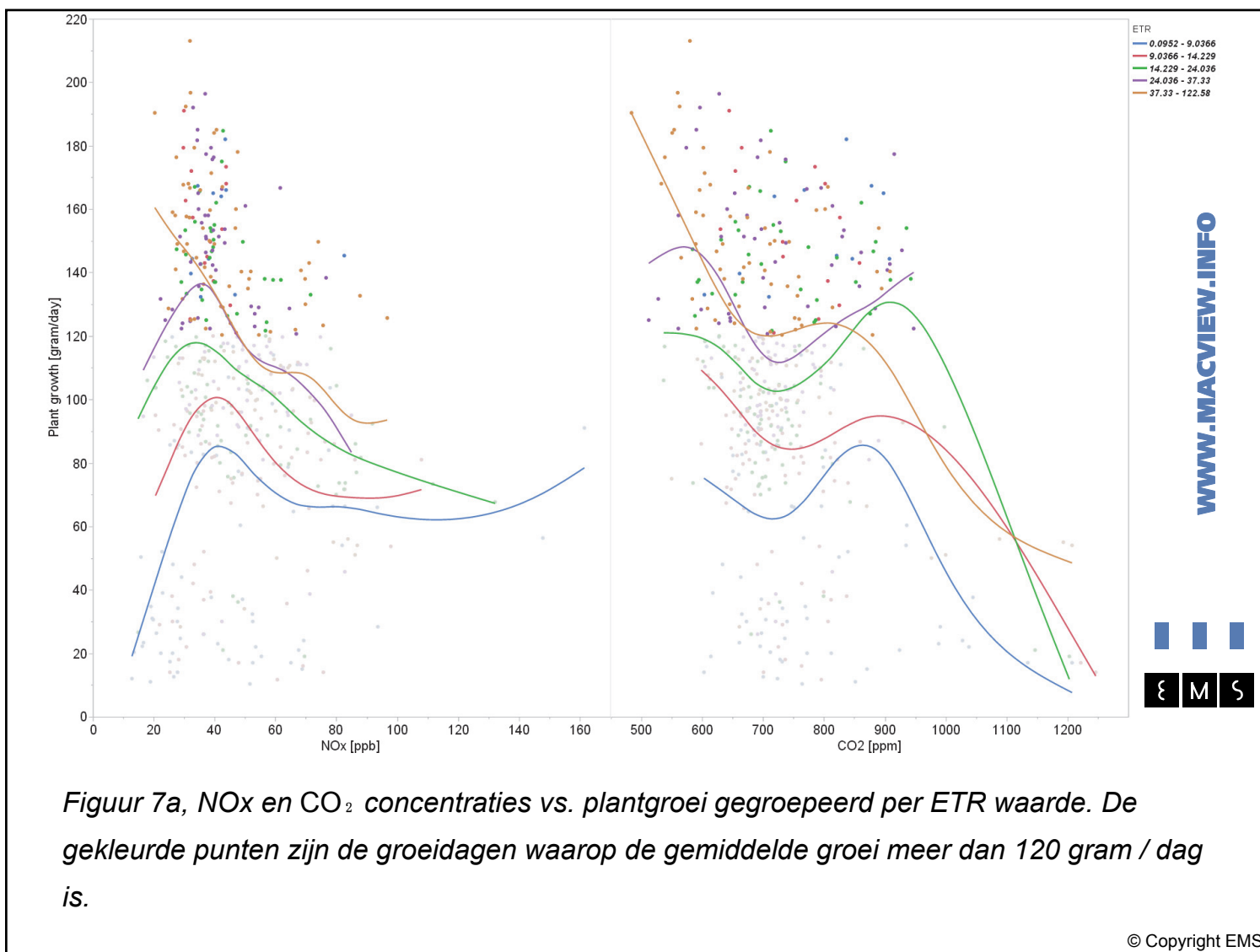


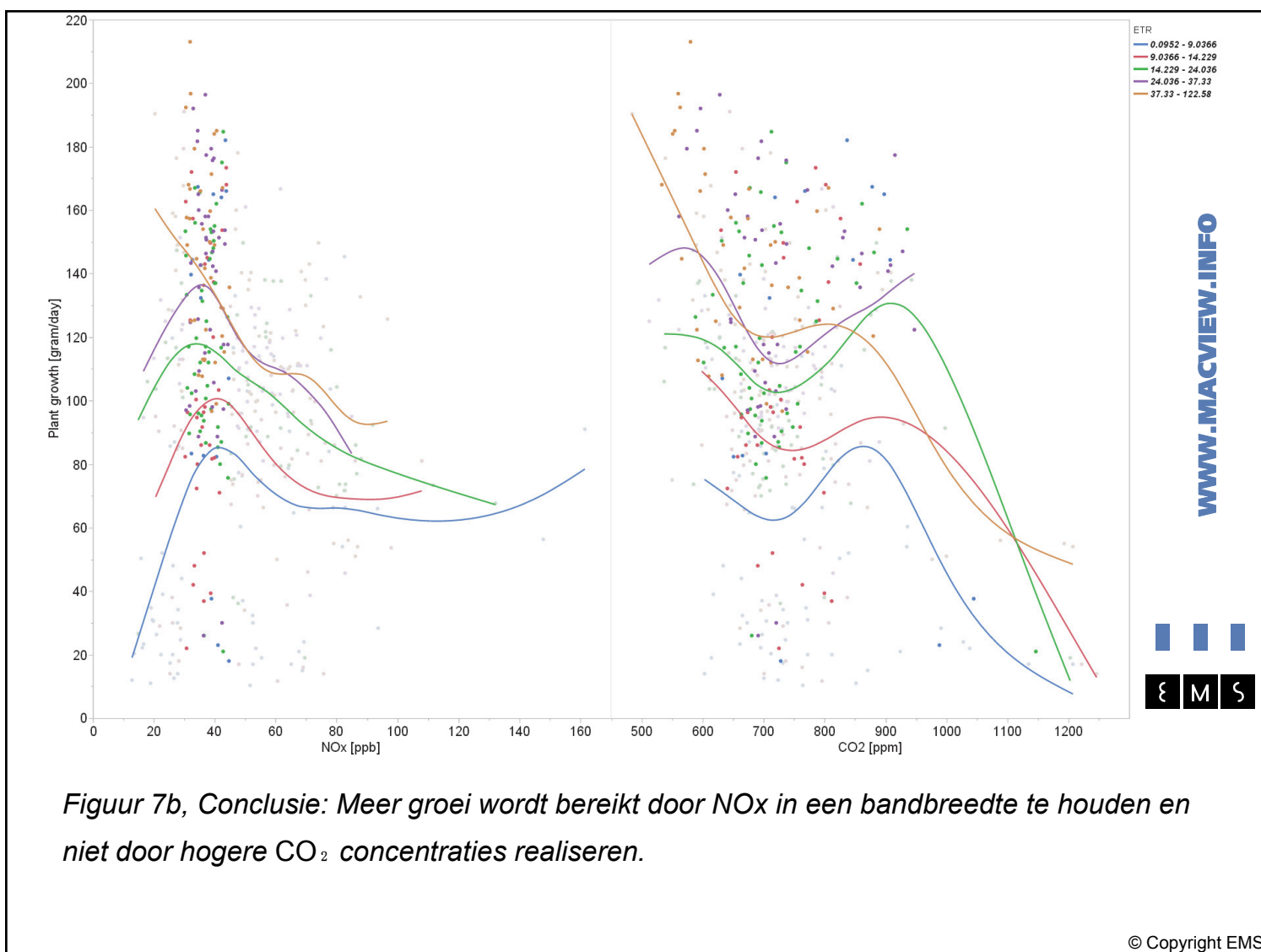
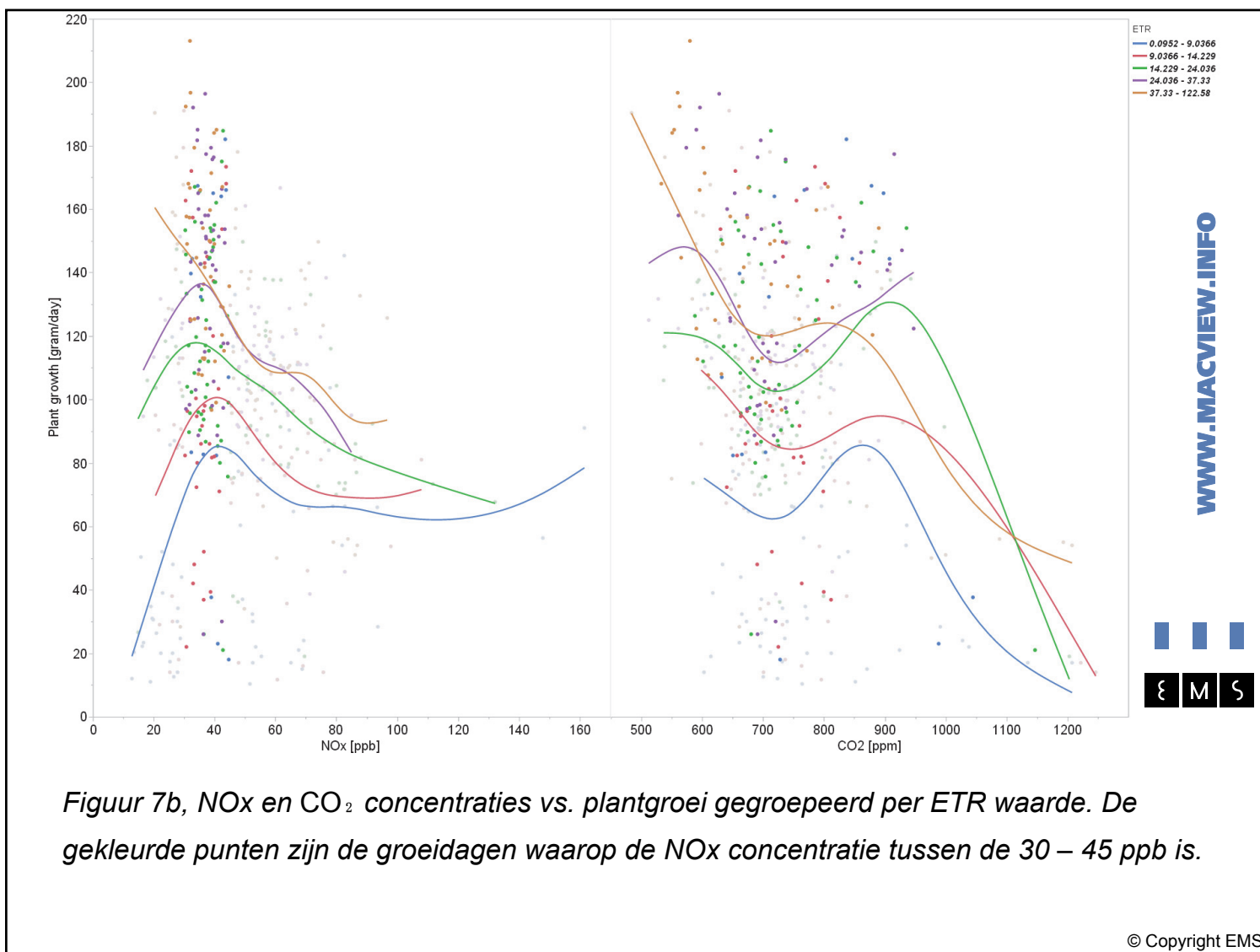
Figuur 5, Conclusie: De piek NOx zorgt voor groeibevordering tussen de 30 en 45 ppb. Buiten deze gebieden vindt er een groei-reductie plaats. (Periode gemiddelde 5 dagen)



Figuur 6a, NOx en CO₂ concentraties vs. plantgroei gegroepeerd per ETR waarde.







Effecten van NOx op de groei van tomatenplanten

We hebben nu gekeken naar de relatie van NOx op ETR (fotosynthese), gewicht... en de relatie met CO₂

Maar...

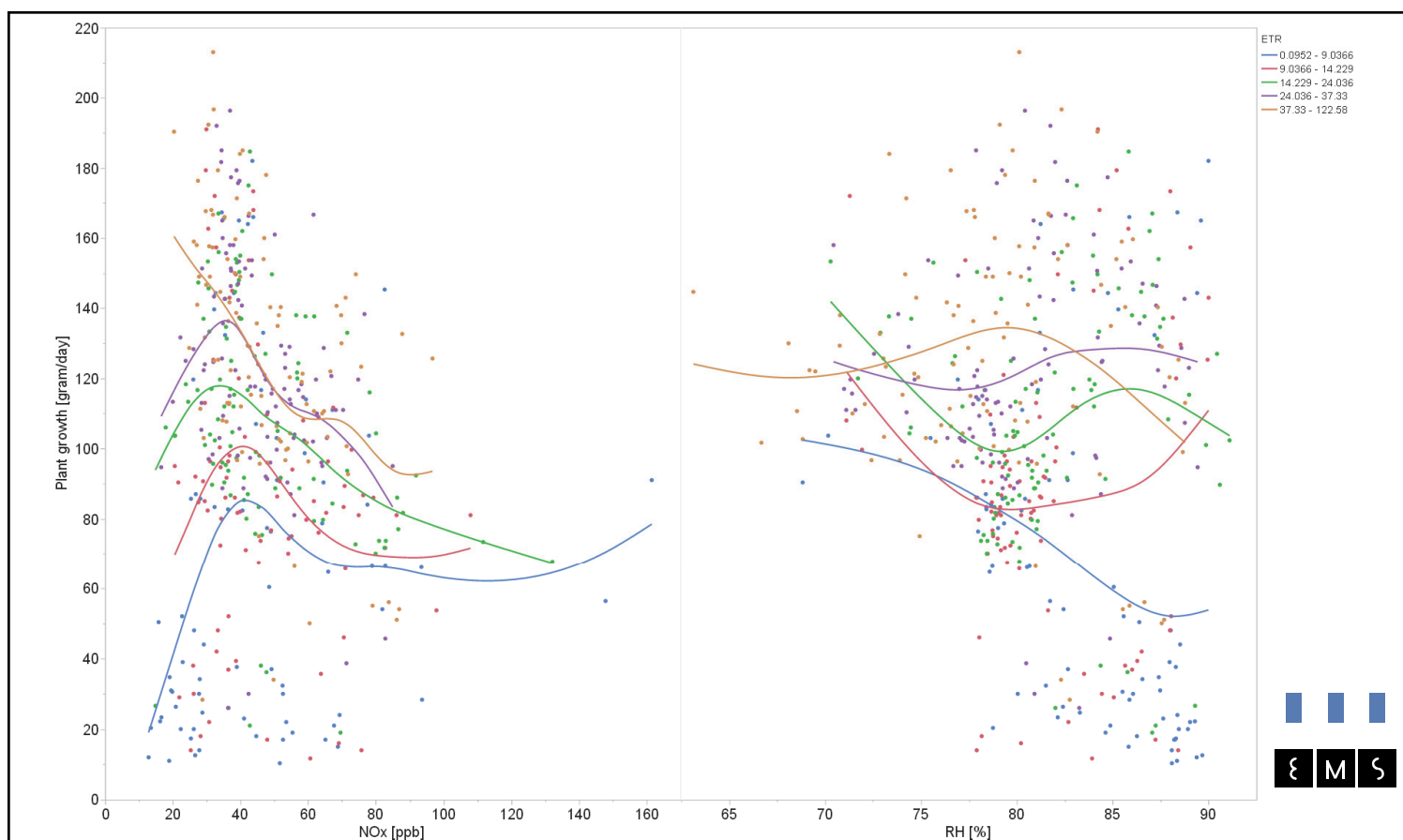
Vergeten we niet de invloeden van de 2 andere belangrijke plantgoei parameters zoals RV (water) en temperatuur, die bijvoorbeeld door invloeden van raamstanden kunnen worden beïnvloed... ?



WWW.MACVIEW.INFO

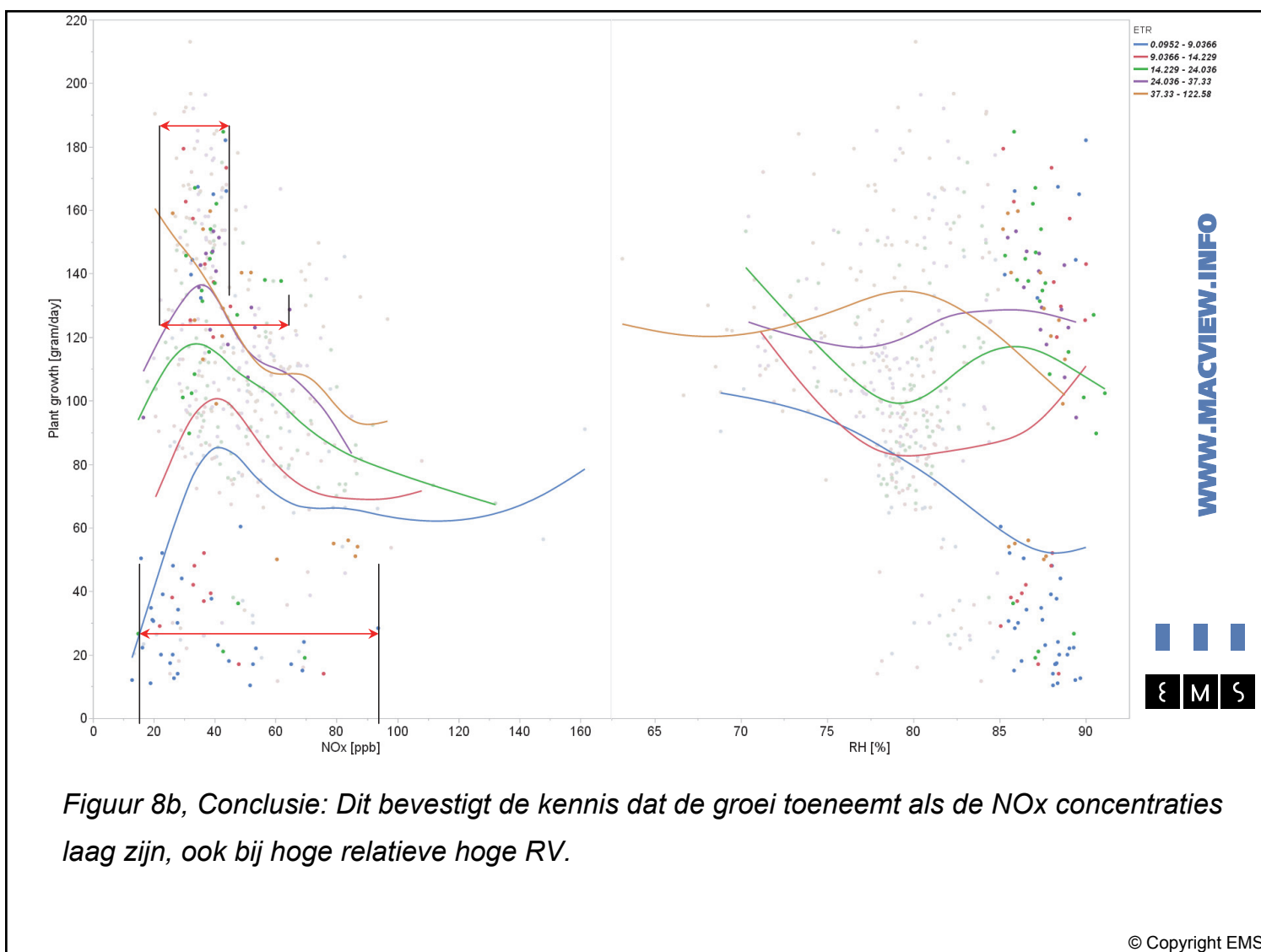
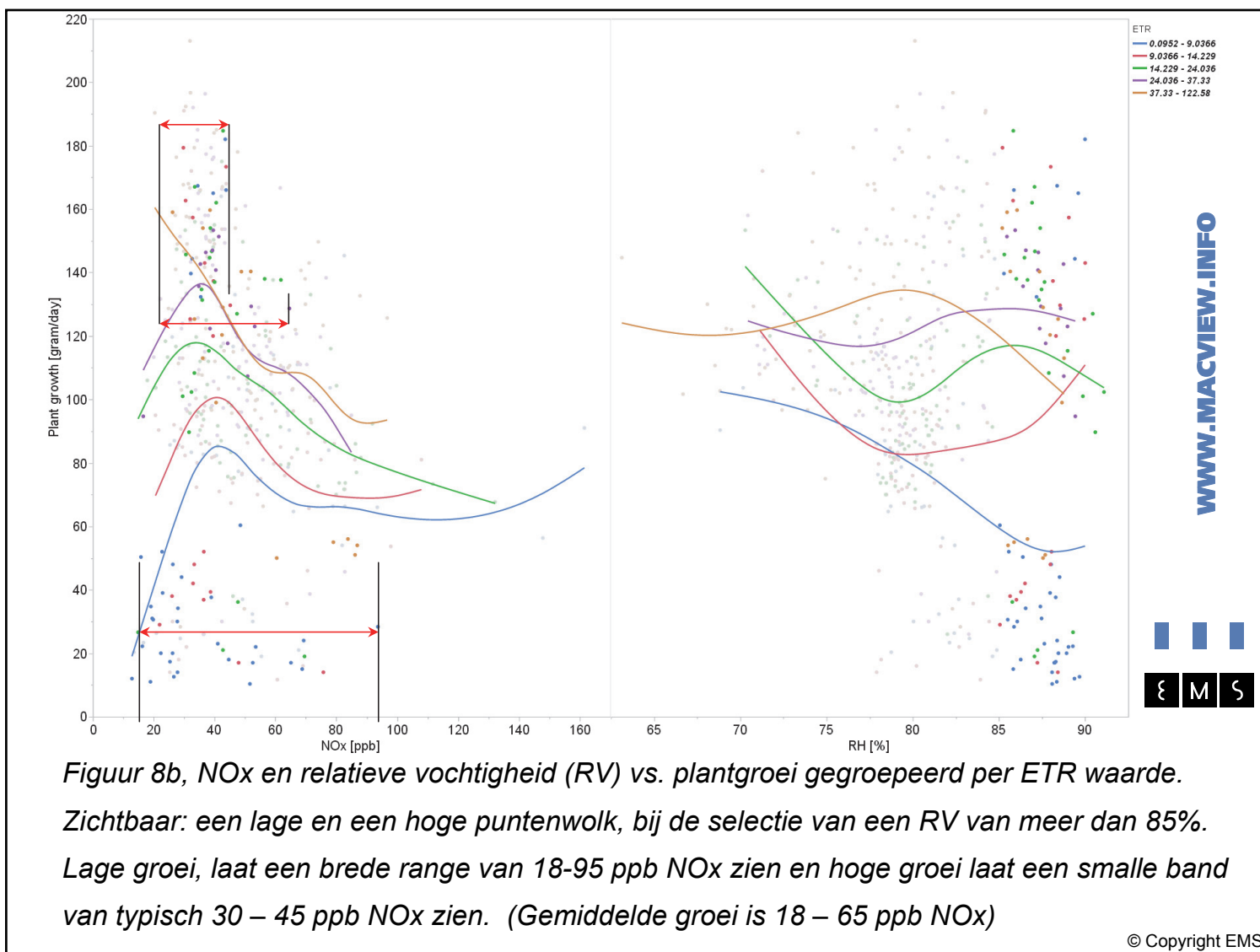


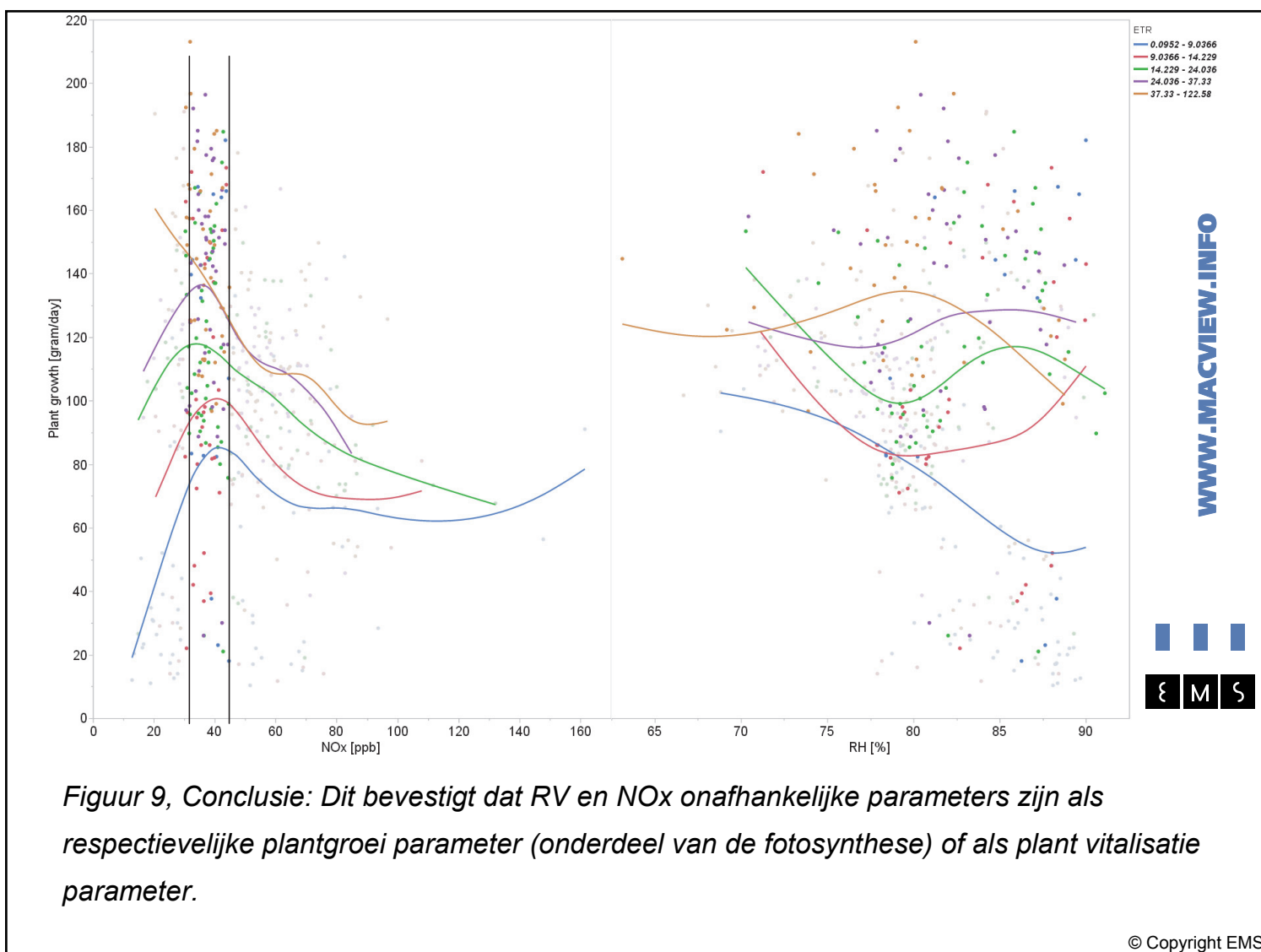
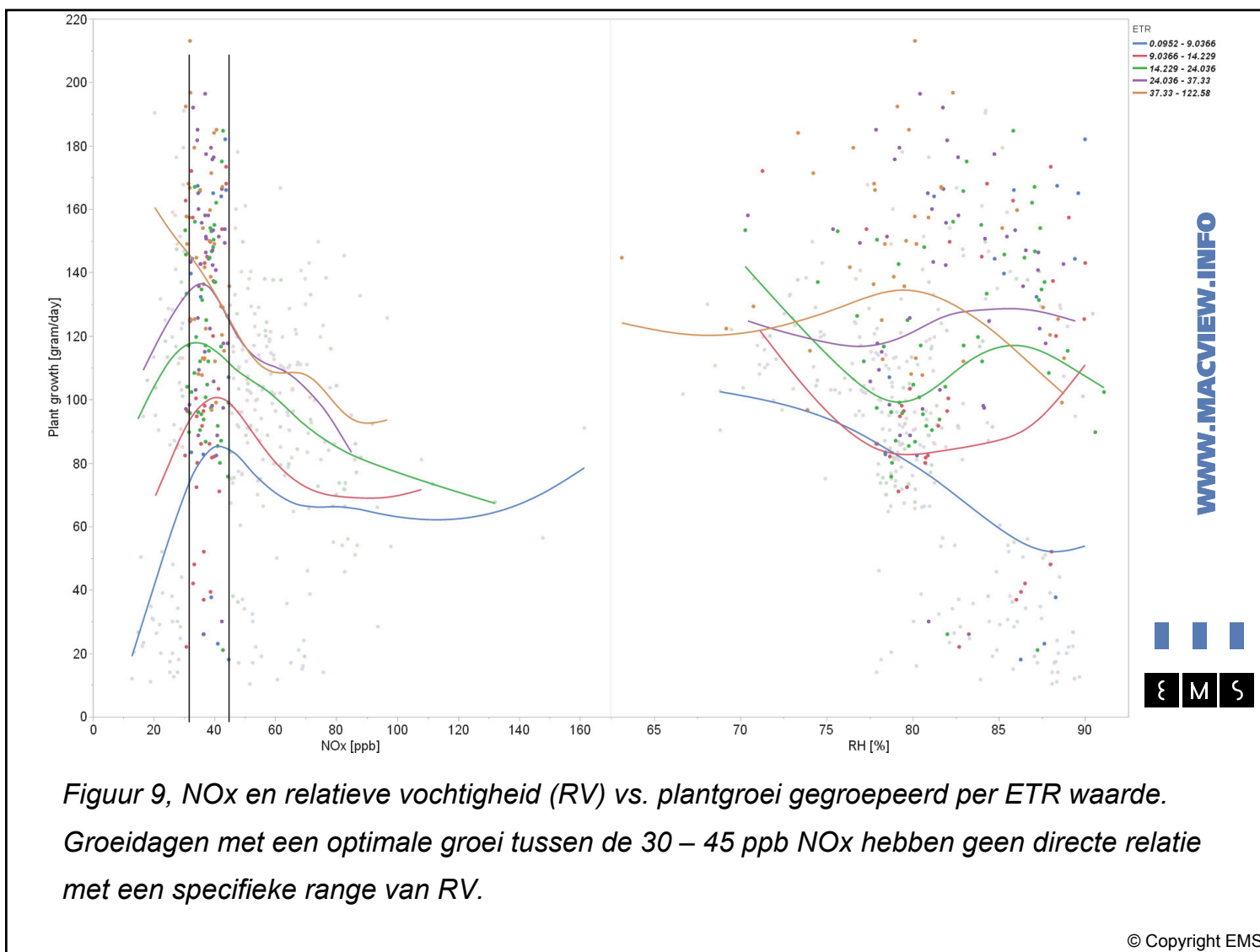
© Copyright EMS

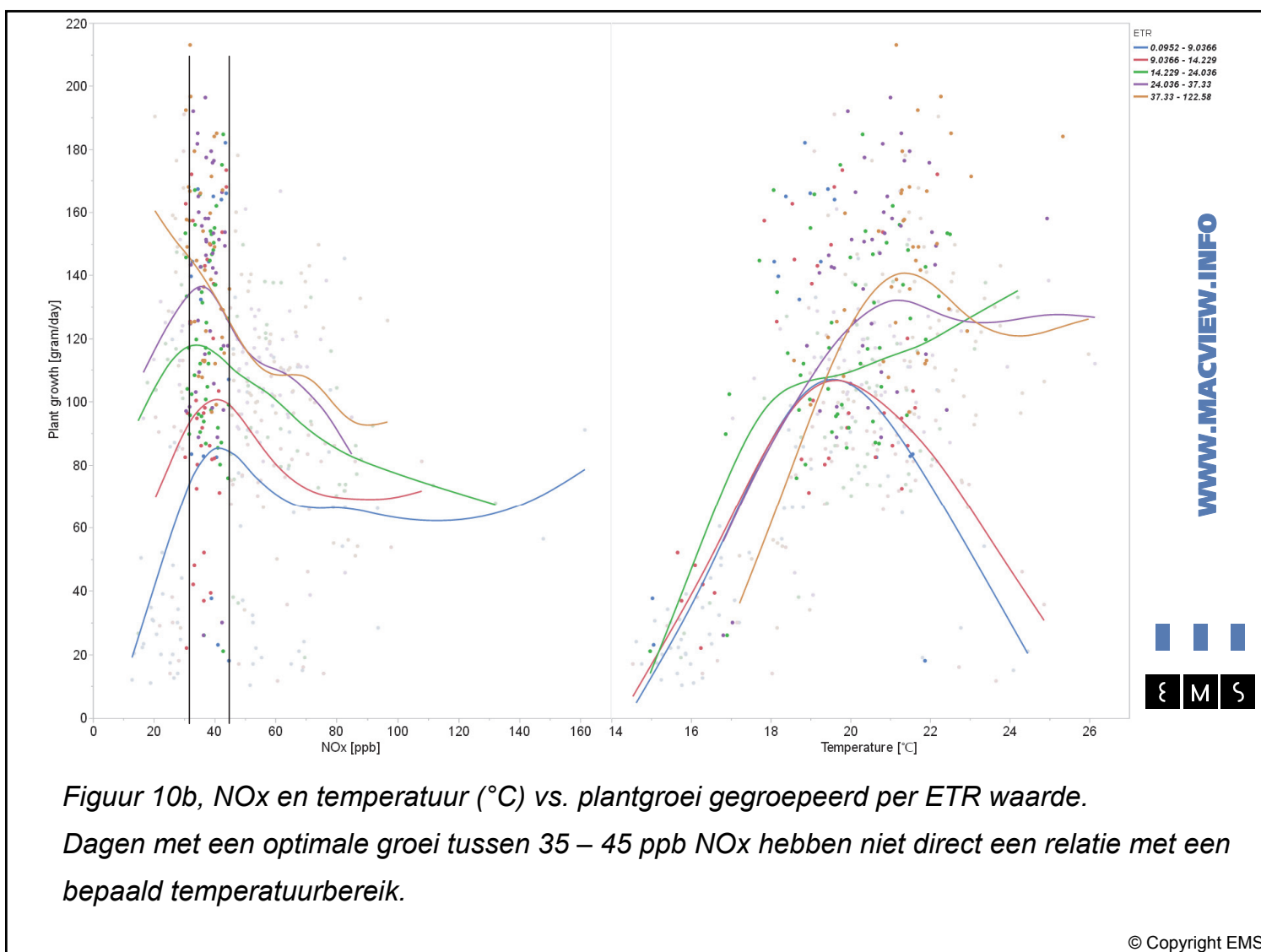
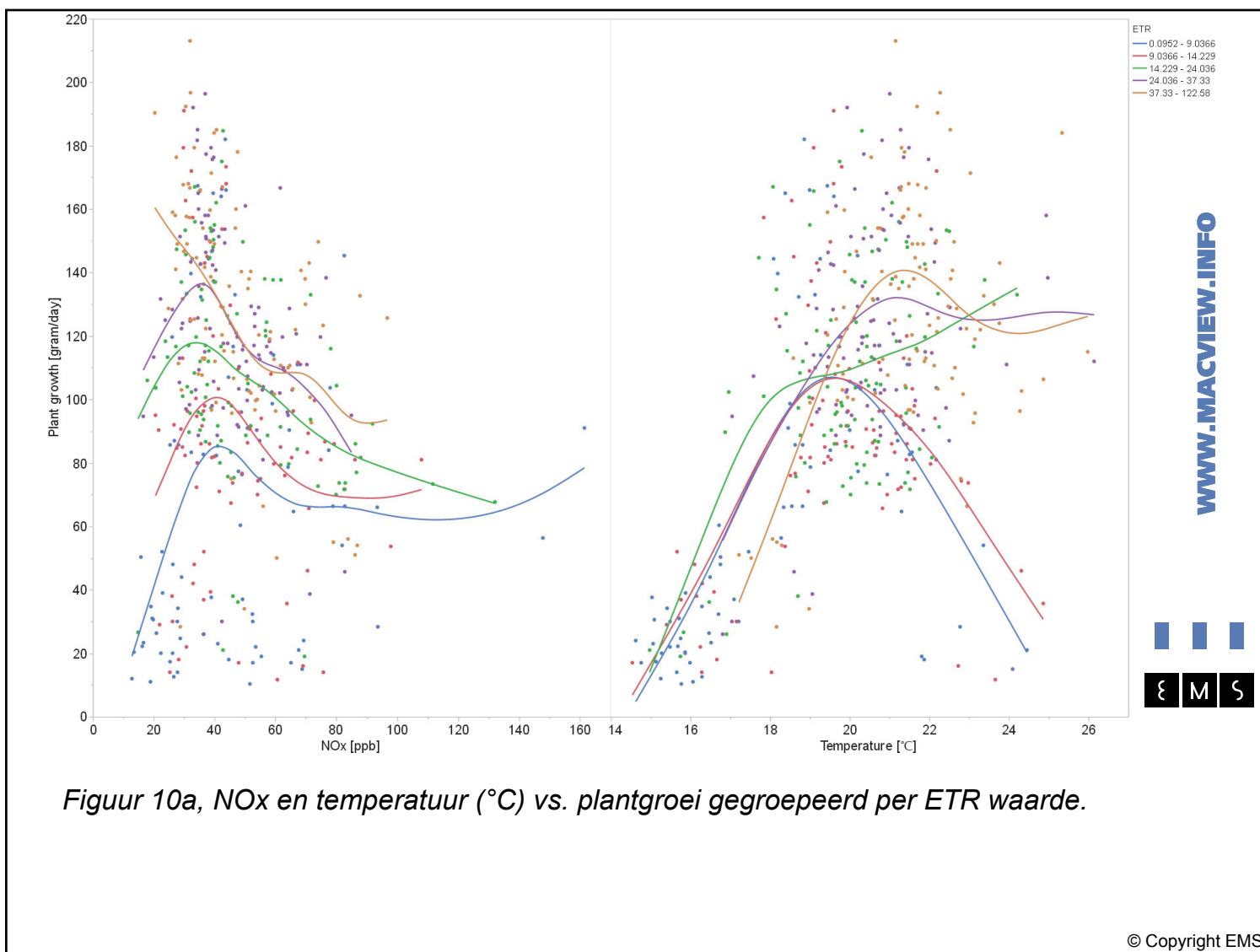


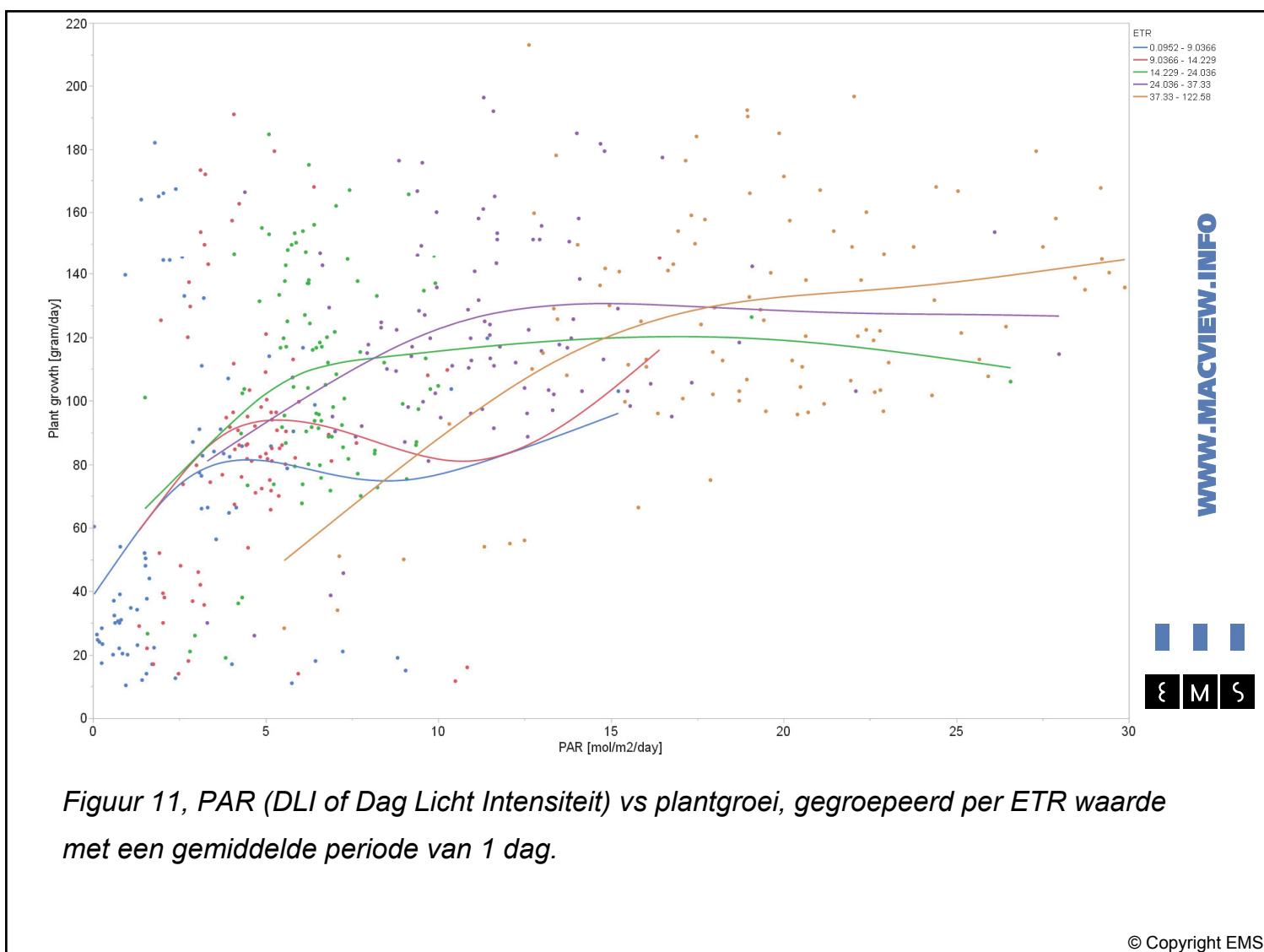
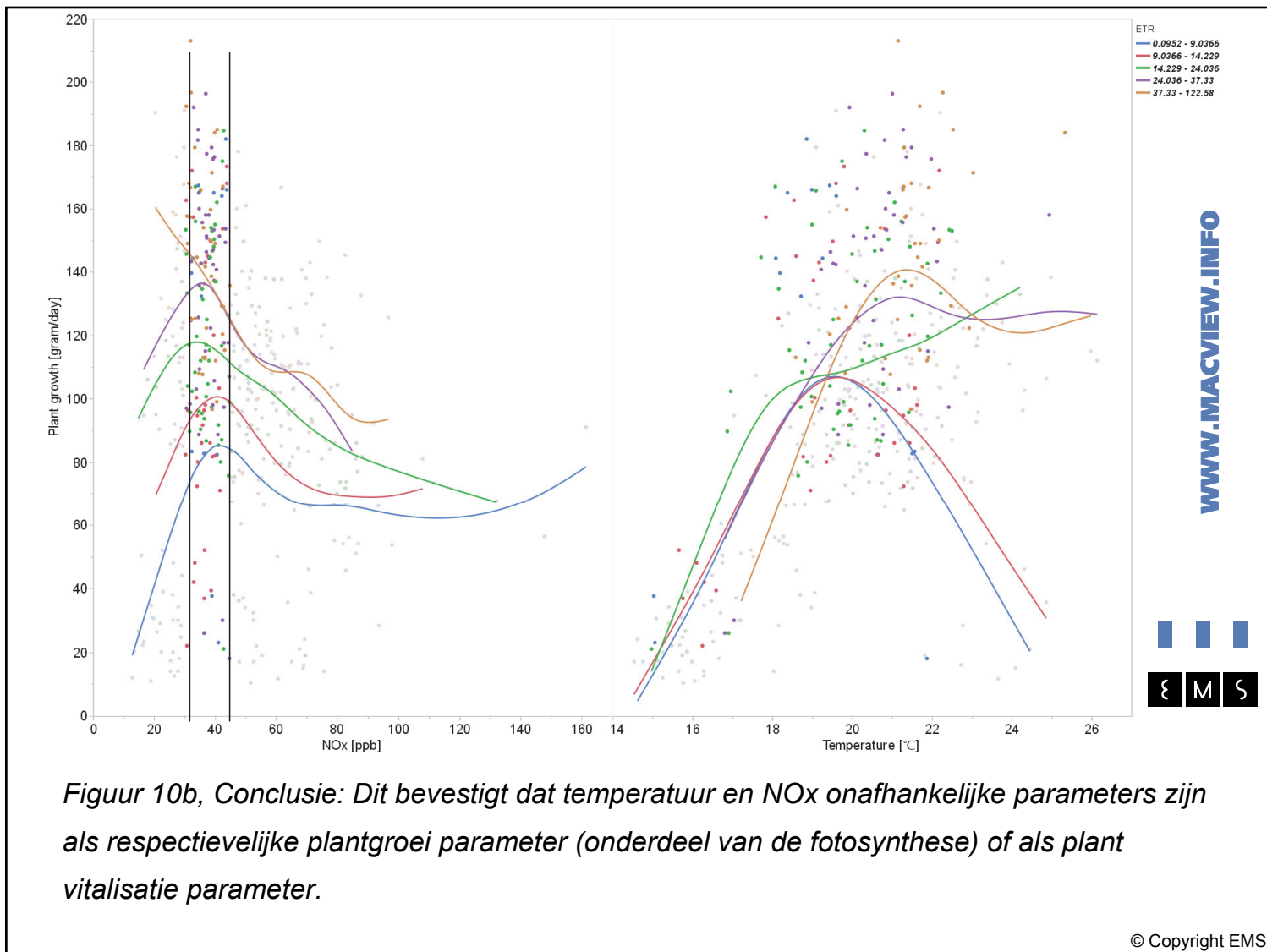
Figuur 8a, NOx en relatieve vochtigheid (RV) vs. plantgroei gegroepeerd per ETR waarde.

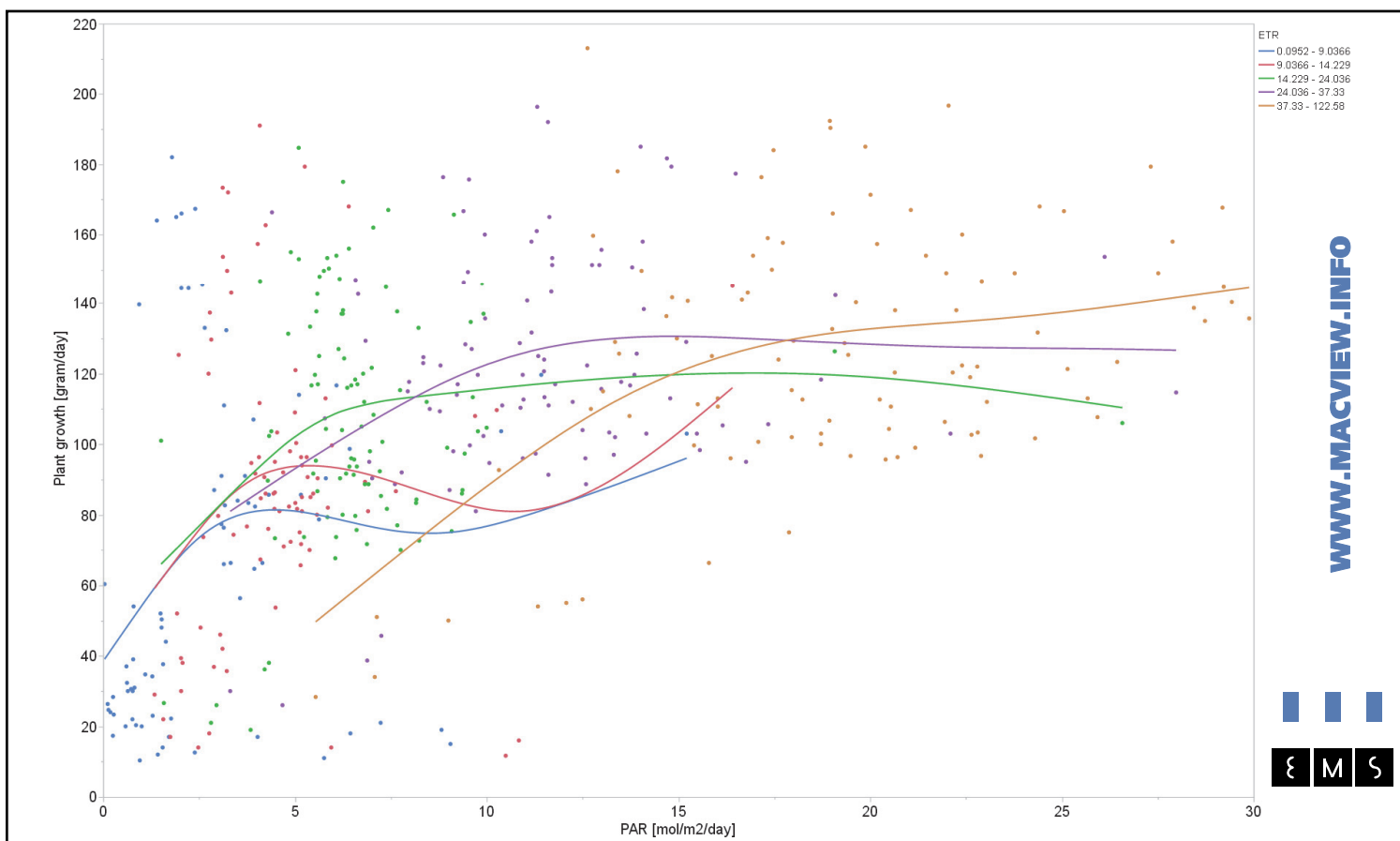
© Copyright EMS





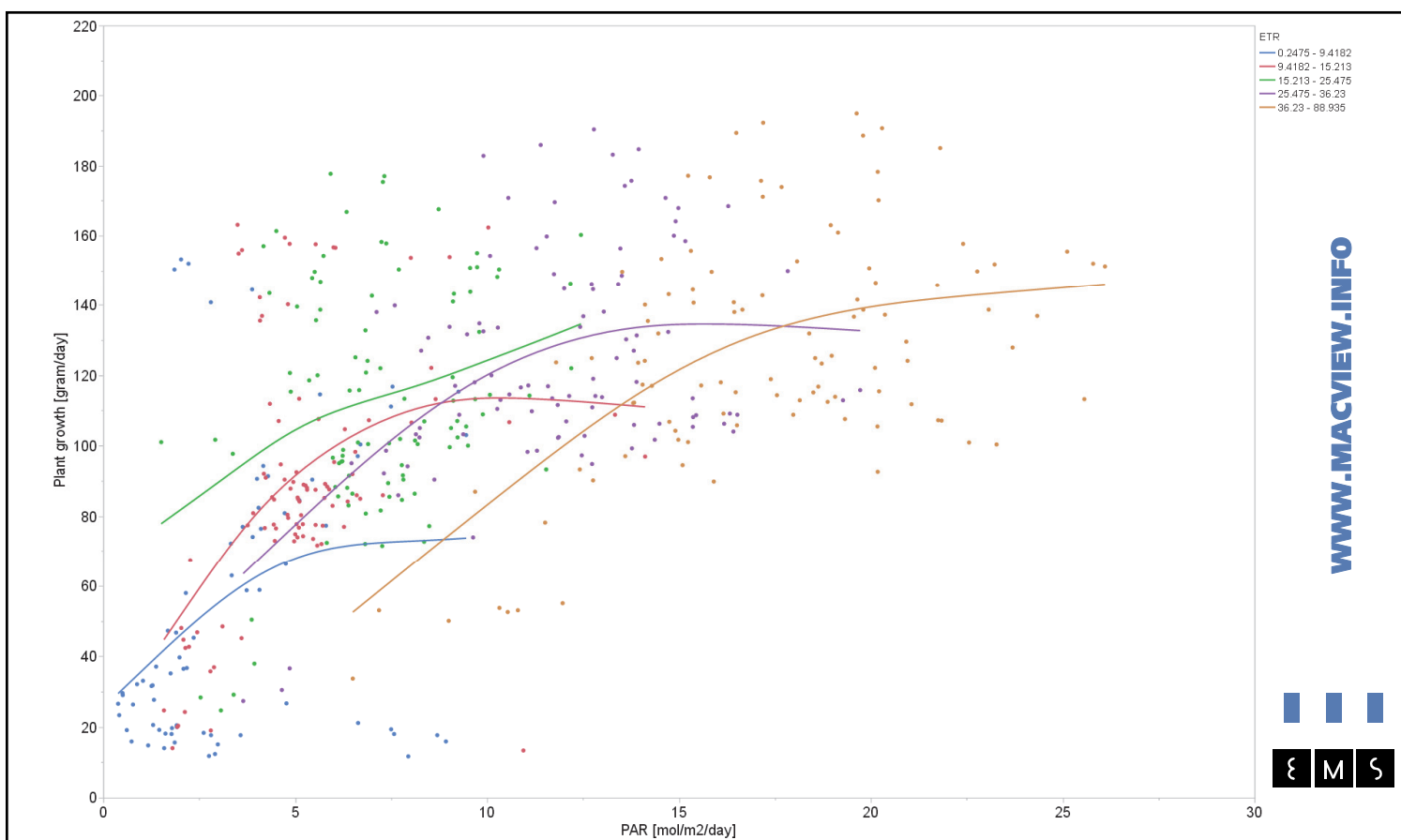






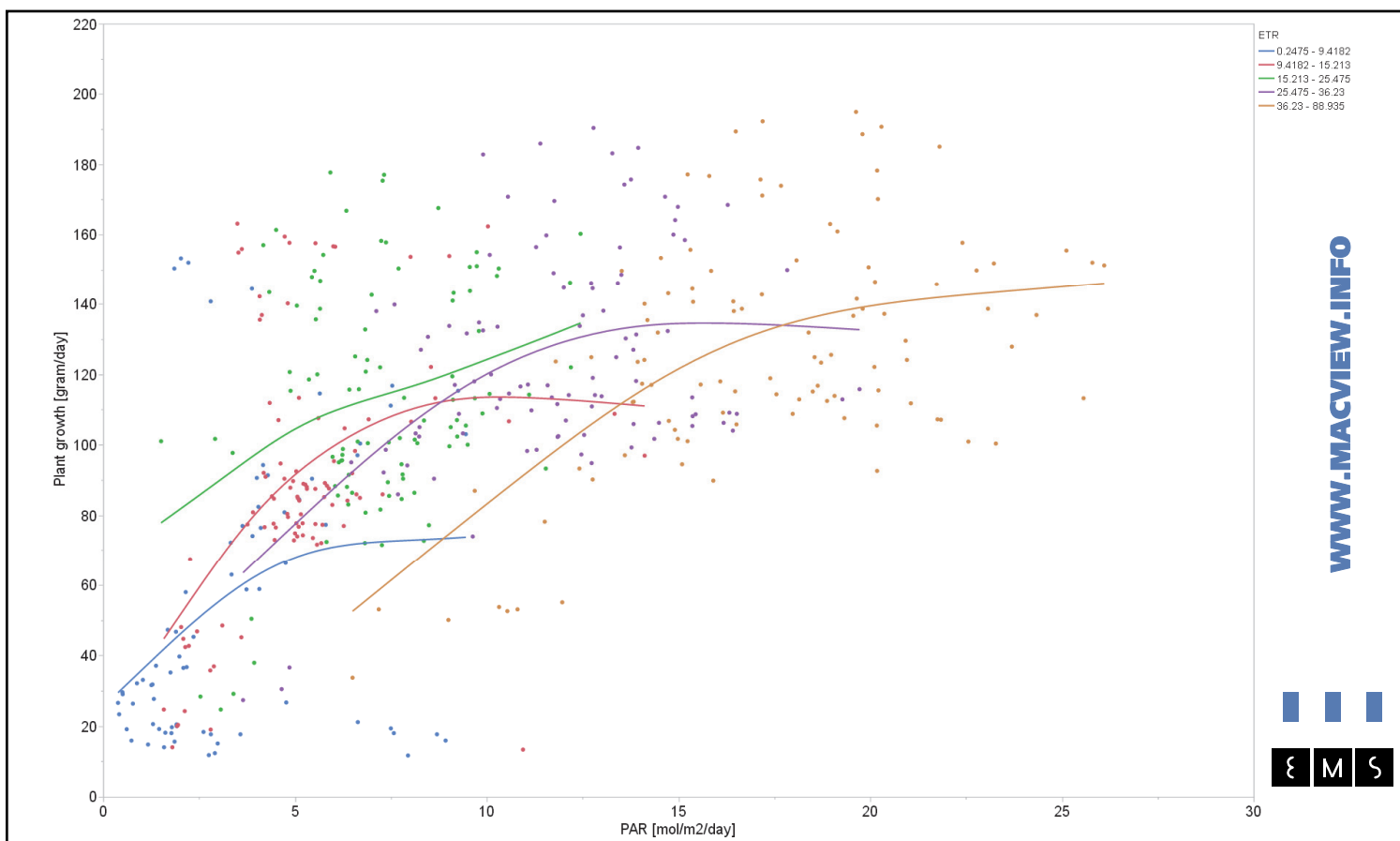
Figuur 11, Conclusie: Er is geen significante groei als de DLI > 10 mol/m²/dag bij 1 dag gemiddelde. Tevens was er geen relatie gevonden tussen DLI waarden met meer dan 10 mol/m²/dag en temperatuur, CO₂, NO_x en RV. Duidelijk is dat er andere plantgroei parameters ontbreken op deze dagen met meer instraling. (b.v. CO₂, temperatuur of RV)

© Copyright EMS

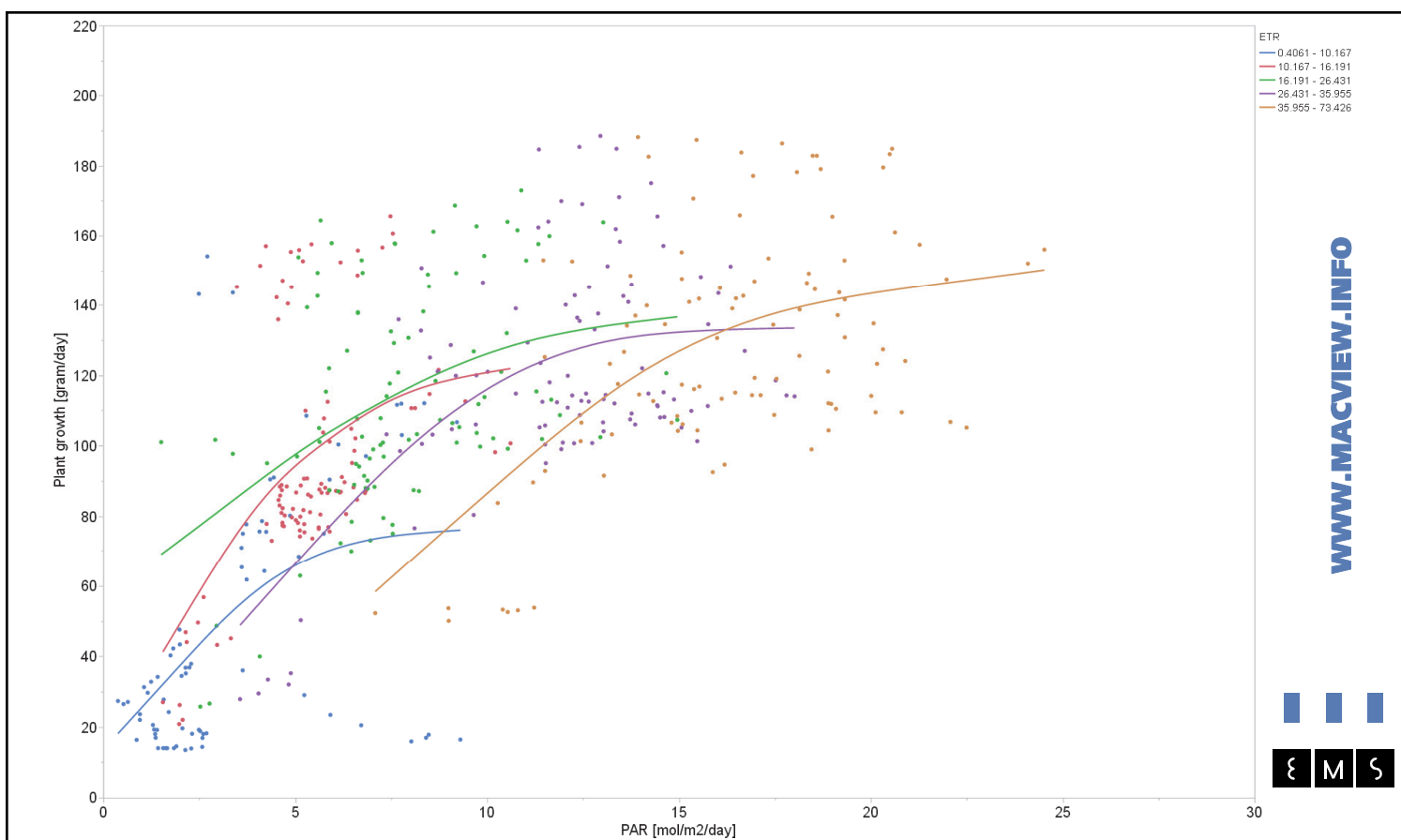


Figuur 12, PAR (DLI of Dag Licht Intensiteit) vs plantgroei, gegroepeerd per ETR waarde met een gemiddelde periode van 3 dagen.

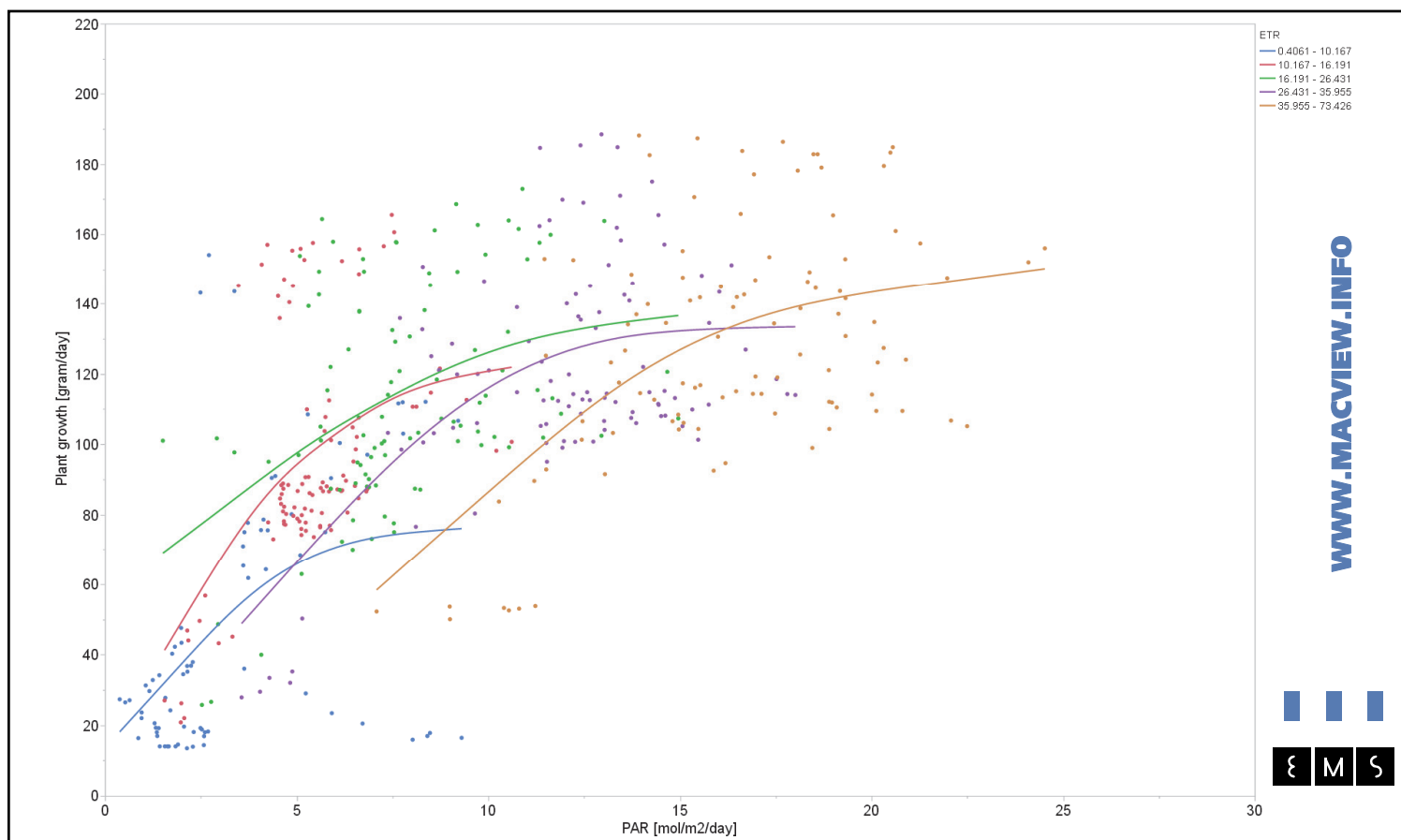
© Copyright EMS



Figuur 12, Conclusie: Er is geen significante groei als de DLI > 10 mol/m2/dag bij 3 dagen gemiddelden. Tevens was er geen relatie gevonden tussen DLI waarden met meer dan 10 mol/m2/dag en temperatuur, CO₂, NO_x en RV. Duidelijk is dat er andere plantgroei parameters ontbreken op deze dagen met meer instraling. (b.v. CO₂, temperatuur of RV) © Copyright EMS



Figuur 13, PAR (DLI of Dag Licht Intensiteit) vs plantgroei, gegroepeerd per ETR waarde met een gemiddelde periode van 5 dagen.



Figuur 13, Conclusie: Er is geen significante groei als de DLI > 10 mol/m²/dag bij 5 dagen gemiddelden. Tevens was er geen relatie gevonden tussen DLI waarden met meer dan 10 mol/m²/dag en temperatuur, CO₂, NO_x en RV. Duidelijk is dat er andere plantgroei parameters ontbreken op deze dagen met meer instraling. (b.v. CO₂, temperatuur of RV) © Copyright EMS

Groeireductie uit eerder onderzoek

longer exposures (28 days) Subsequently, Capron and Mansfield (1976) exposed tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill cv MoneyMaker) to mixtures of NO and NO₂ (0.10 to 0.50 ppm each for 20 h) and found an additive effect of the two gases on the inhibition of net photosynthesis. Similarly, Bruggink et al (1988) found a 38% reduction in net photosynthesis of tomato (cv Abunda) exposed to 1 ppm NO at 350 ppm CO₂ on the third day of exposure, but rather less (24% reduction) at 1,000 ppm CO₂. Both these reductions in photosynthesis could not be explained by increases in stomatal resistance.

By contrast, Carlson (1983) fumigated soybeans (*Glycine max* Merr) with NO₂ (0.2 to

Conclusie - A

- We hebben in dit praktijkonderzoek vastgesteld dat NO_x, wanneer juist toegepast, een positief groei-effect heeft de tomatengroei bij lage NO_x-concentraties en dat NO_x in de hogere concentraties een negatief effect heeft op tomatengewassen, wat resulteert in een ETR-verlaging.
- De specifieke tomatenrassen in deze praktijktest zijn Briosò en Sunstream. Het positieve effect van NO_x is met name een gemiddelde NO_x-concentratie van de daglichtperiode tussen 30 en 45 ppb. Binnen dit bereik varieert het optimale punt met de elektronentransport snelheid (ETR). De ETR-waarde is afhankelijk van de hoeveelheid Actieve Fotosynthese Straling (PAR) gedurende een bepaalde tijdsperiode.
- Hogere ETR-waarden in combinatie met hogere NO_x-concentraties, resulteren in een hogere gevoeligheid voor NO_x en een afnemende biomassaconversie, en dus een lagere opbrengst.



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Conclusie - B

- De afname van de groei gemeten en geanalyseerd in dit praktijkonderzoek is groot, veroorzaakt door een hoeveelheid van 25% van de dagen waarop de NO_x-concentraties verre van ideaal zijn voor gewasgroei. Vanwege deze NO_x-concentraties op deze dagen gaat een hoeveelheid van 33% van de groei verloren in vergelijking met de potentiële groei wanneer optimale NO_x-concentraties zouden worden toegepast.
- Een opmerkelijk resultaat van het praktijkonderzoek bij de tomatenteler is dat een optimale NO_x-blootstelling de plantengroei met gemiddeld 6% per dag kan verhogen, ongeacht het licht, de relatieve vochtigheid, de CO₂-concentratie en de temperatuur.
- Het zo bekende "Plant Vitalization Effect" veroorzaakt door NO_x bij concentraties tussen de 30 ppb en 45 ppb kan worden gebruikt om de gewasgroei op tomaten te verhogen.



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS

Referenties

- Srivastava et al. (1975), The effects of environmental conditions on the inhibition of leaf gas exchange by NO₂.
- T.M. Capron, T.A. Mansfield (February 1977), Inhibition of Growth in Tomato by Air Polluted with Nitrogen Oxides.
- Morensen, L.M. (1985a). Nitrogen Oxide Produced During CO₂ Enrichment. I. Effects on different greenhouse plants. *New Phytologist*, 101(1), 103-108. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1985.tb02819.x>
- Mortensen, L. M. (1985b). Nitrogen Oxides Produced During CO₂ Enrichment. II. Effects on different tomato and lettuce cultivars. *New Phytologist*, 101(3), 411–415. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1985.tb02847.x>
- Takahashi M., Nakagawa M., Sakamoto A., Ohsimu C. Matsubara T. Morikawa H. , Atmospheric nitrogen dioxide gas is a plant vitalization signal to increase plant size and the contents of cell constituents. *New phytologist*, 168: 149–154 (2005).
- Takahashi M. ,Sakamoto A0, Ezura H., Morikawa H. 2011. Prolonged exposure to atmospheric nitrogen dioxide increases fruit yield of tomato plants. *Plant Biotechnology* 8: 485–487.
- WELLBURN A.R. Why are atmospheric oxides of nitrogen usually phytotoxic and not alternative fertilizers? *Tansley Review* 24. *New phytologist*, 115: 395–429 (1990).
- WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark 2000, Chapter 11: Effects of nitrogen containing air pollutants: critical levels.
- Runkle, E. (2015). Interactions of Light, CO₂ and Temperature on Photosynthesis. *Greenhouse Product News*, 54.
- www.hr-products.nl, H. P.-. (n.d.). Importance of humidity for plant growth. Retrieved October 25, 2017, from <https://www.anthura.nl/growing-advise/82466/?lang=en>
- Swedish Pollutant Release and Transfer Register - Nitrogen oxides (NO_x). (n.d.). Retrieved October 25, 2017, from <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/en/Substances/Other-gases/Nitrogen-oxides/>
- Takahashi, M., & Morikawa, H. (2014). Nitrogen dioxide is a positive regulator of plant growth. *Plant Signaling & Behavior* 9, e28033; February; © 2014 Landes Bioscience
- Takahashi et al. - 2014 - Nitrogen dioxide regulates organ growth by controlling cell proliferation and enlargement in *Arabidopsis*. *NewPhytologist* (2014)201: 1304–1315.
- Yanbo Hu, 30 July 2014, Nitrate transporters in leaves and their potential roles in foliar uptake of nitrogen dioxide.



WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS



GLITCH

Eindconclusie

- Komkommerplanten en komkommervruchten erg gevoelig voor luchtkwaliteit
- Komkommerplanten hebben vermoedelijk lage effectgrenswaarden voor etheen en NO_x
- Relatie waarom gevoeligheid in de winterperiode ontstaat niet volledig duidelijk
- Noodzaak van meer nauwkeurige effectgrenswaarde komkommerplant
- "Plant Vitalization Effect" is ook van toepassing is op komkommer gewas. De vraag is bij welke concentratie ?



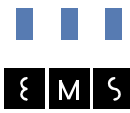
WWW.MACVIEW.INFO



© Copyright EMS



ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS (EMS) B.V.



Dank voor uw aandacht Vragen ?

Jan-Kees Boerman
EMS B.V.
22 januari 2020
Versie 1.1



WWW.MACVIEW.INFO

© Copyright EMS