

# Kennisbestand waterontsmetting in de bollenteelt

## Hitte

- Het gebruik van hitte om te ontsmetten is een bewezen techniek en helpt tegen alle ziekten.
- De resultaten bij het testen van de effectiviteit van een verhitter laten zien dat bij 85°C en een behandelingstijd van 120 seconden of een temperatuur van 95°C en behandelingstijd van 15 seconden voldoende is om schimmels en bacteriën in het voedingswater te doden. Plantenvirussen kunnen effectief worden gedood bij 85°C gedurende een verblijftijd van 180 seconden of bij 95°C gedurende 30 seconden (Stijger ea, 2014 Rapport GTB-1316).
- Opwarmen en afkoelen gebeurt met warmtewisselaars. Uitgaande temperatuur is meestal ca. 5°C hoger dan ingaande temperatuur. Gasverbruik bedraagt ca. 1 m<sup>3</sup> gas per m<sup>3</sup> water. Om ketelsteenvorming te voorkomen wordt de voedingsoplossing vooraf aangezuurd. PIAMV in water wordt in 10 minuten bij 65°C onschadelijk gemaakt (de Kock ea).

### Voordelen:

- Het gebruik van hitte is ongevoelig voor vervuiling
- Temperatuur is eenvoudig en betrouwbaar te meten
- Geen gebruik van chemische middelen

### Nadelen:

- Het kost veel energie (opwarmen en afkoelen) dus een dure techniek

## Ozon

- Ozon is een systeem waarbij zuurstof (O<sub>2</sub>) onder elektrische hoogspanning een extra zuurstofatoom koppelt waardoor ozon (O<sub>3</sub>) ontstaat.
- Ozon reageert 3000 keer sterker dan chloor en zal effectief werken op de bestrijding van microorganismen.
- In de bloembollen teelt wordt ozon de laatste jaren steeds vaker toegepast. Dit voor zowel de bevoeiing van bollen maar ook voor de opslag van de bollen in bewaarcellen, denk hierbij aan bijvoorbeeld tulpen.
- Voor het zuiveren van water moet ozon altijd ter plekke worden geproduceerd omdat de concentratie van ozon na loop van tijd oplost. Factoren die van toepassing kunnen zijn voor het oplossen van de ozon is de pH en temperatuur. Het bepalen van de concentratie ozon wordt gemeten door meetapparatuur (Lenntech, 2018).
- Ozon heeft meerdere positieve effecten bij het behandelen van bevoeiingswater, zo verwijdert het fenolen, sporen, schimmels, bacteriën en virussen. Fenolen veroorzaken bruine verkleuring aan de wortels en remmen de groei van de wortels. Hierdoor wordt de groei en ontwikkeling van de bollen geremd wat uiteindelijk leidt tot een lagere opbrengst. Ozon oxideert fenolen waardoor deze problemen worden voorkomen.
- Ook voor het oxideren van schimmels, sporen en bacteriën kan ozon prima worden ingezet. Wel is het dan zaak om voldoende ozon te doseren. Ozon zal namelijk eerst reageren met fenolen, pas daarna zal het schimmels en sporen aanpakken. Om de effectiviteit te verhogen kan ozon eventueel worden gecombineerd met ultrasoon geluid.
- In bewaarcellen wordt ozon voornamelijk toegepast om ethyleen te verwijderen en om sporen en schimmels te oxideren. Ethyleen wordt veroorzaakt door zogenaamde "zure

bollen”, bollen aangetast door fusarium (een schimmel). De werking is hier dus tweeledig, ethyleen wordt afgebroken en de verspreiding van fusarium wordt zoveel mogelijk voorkomen. Uiteindelijk bespaart dit geld omdat er minder geventileerd hoeft te worden en omdat er meer verkoopbare bollen worden gevormd.

- Door een bypass wordt ozon toegevoegd aan het proceswater wat uit de spoelinstallatie komt. Het proceswater en ozon wordt door een buizensysteem geleid en aan het einde van het buizensysteem bevindt er geen ozonconcentratie en blijft gereinigd water over. Het schone proceswater wordt hergebruikt voor de spoelinstallatie (Wildöer, 2018).

**Voordelen:**

- Geen gebruik van chemische middelen
- Milieuvriendelijk
- Hoeft niet getransporteerd te worden want wordt in situ gemaakt (beperking van transportbewegingen → duurzaam)
- Geen residu: ozon is snel opgelost waardoor zuurstof achterblijft in het water
- Ozon verwijdert fenolen, sporen, schimmels, bacteriën en virussen
- Water hergebruik of mag worden geloofst
- Ozon valt onder de subsidieregeling (vamil en mia), hierdoor kan de ondernemer ondersteund worden in de onkosten
- Er komt meer zuurstof in het water terecht wat terug is te zien tijdens het zuurstofmeten van het water.
- Neemt in de praktijk weinig ruimte in beslag

**Nadelen:**

- Duur in aanschaf: een ozon installatie kost rond de €100.000,-
- Gefilterd water <20 µm is gewenst
- Nog geen onderzoek gedaan naar hoe ozon reageert op warm water

## Waterstofperoxide

- Waterstofperoxide is een sterke oxiderende stof met als voordeel dat het uiteen valt in water (H<sub>2</sub>O) en zuurstof (O<sub>2</sub>) en effectief is bij de bestrijding van bacteriën, schimmels en virussen. Het ontleedt alleen snel onder aanwezigheid van organische vervuiling. De toevoeging van een stabilisator voorkomt de ongewenste ontleding en verhoogt de werking van de waterstofperoxide bij de verwijdering van bacteriën en biofilm.
- De desinfecterende werking van waterstofperoxide is gebaseerd op de afgifte van vrije zuurstofradicalen. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub>. De verontreinigingen worden door de vrije zuurstofradicalen afgebroken, waarbij water als restproduct achterblijft. De vrije zuurstofradicalen hebben zowel een oxiderende als een desinfecterende werking. Waterstofperoxide maakt membraaneiwiten en enzymen door middel van oxidatie onwerkzaam.
- Peroxide-verbindingen zoals waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), perboraat, peroxifosfaat en persulfaat, zijn goede desinfectie- en oxidatiemiddelen. Peroxides hebben een goede algemene werking tegen micro-organismen. De verbindingen zijn meestal echter weinig stabiel. Perboraten hebben een hoge giftigheid (en een lage norm voor boorverbindingen in drinkwater). Perazijnzuur (PAA) is sterk zuur en in onverdunde oplossing zeer agressief. Gestabiliseerde persulfaten kunnen gebruikt worden als mogelijke vervanger van chloor in de behandeling van afvalwater.

**Voordelen:**

- Na reactie met organische verbindingen valt H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> uiteen in zuurstof en water, volkomen onschadelijke bijproducten
- Effectief in de bestrijding van bacteriën, schimmels en virussen

**Nadelen:**

- Vereist een vrij hoge dosis
- Niet (altijd) afdoende tegen virus
- Valt snel uit elkaar, maar er kan een stabilisator aan worden toegevoegd

## ECA-water

- ECA-water ontstaat door onthard leidingwater waarin zout is opgelost langs twee elektroden te leiden. Daardoor komen ontsmettende stoffen als chloor en zoutzuur vrij. Die stoffen veranderen na de behandeling weer in water en zout.
- ECA-water bevat oxidatieve stoffen, d.w.z. stoffen die elektronen proberen op te nemen uit andere stoffen. Bij contact met bacteriën en schimmels trekken ze aan elektronen in de membraan van de micro-organismen, waardoor deze lek raken en dood gaan. Na contact zijn de oxidatieve stoffen hun oxidatieve kracht kwijt (en zijn chlooratomen toegevoegd aan de organische moleculen).
- Toepassingen zijn ontsmetting van bloembollen in het kook- en dompelbad, ter ontsmetting van proceswater en bij het afdouchen. ECA staat voor actief chloor in situ gegenereerd uit natriumchloride door elektrolyse.
- De biocidewerking van verschillende electrolysewater producenten is getest op de bacterie, *Erwinia chrysanthemi*. Alle producten met daarin 36-65 ppm vrij chloor waren in staat om binnen 5 minuten 100% bacteriedoding te bereiken. De onderlinge verschillen tussen de producten in EC, ORP en pH lijken voor de biocidewerking van ondergeschikt belang. De dosis-responstest met de schimmel, *Botrytis cinerea* gaf aan dat 100% sporendoding bereikt wordt vanaf 40 ppm vrij chloor (Hofland-Zijlstra, 2013). In onderzoek is het onschadelijk maken van PIAMV door ECA water (10 ppm vrij chloor) aangetoond.
- ECA water kan op verschillende manieren bereid worden (Hofland-Zijlstra, 2011). Apparaat mét ion-specifiek membraan tussen + en – compartiment (alleen positieve ionen worden doorgelaten):

**Bij de positieve electrode (anode):**

- Chloorgas, vervolgens:  
 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$  (chloorgas + water → onderchlorig zuur + zoutzuur)
- Zuurstofradicalen
- pH 2.3 – 2.7
- Redoxpotentiaal van > 1000 mV (bepaald door de hoeveelheid HClO t.o.v. Cl<sub>2</sub> + ClO<sup>-</sup>)

**Bij negatieve electrode (cathode):**

- Waterstofgas en NaOH (natronloog)
- pH 10 – 11.5
- Redoxpotentiaal - 800 tot - 900 mV

**Voordelen:**

- Ontsmettende werking
- Relatief veilig

- Werking is sterker dan van vergelijkbare 'bleekwater' – concentratie, dus zuurstofradicalen en pH doen ook iets

**Nadelen:**

- Ontsmettende werking neemt zeer snel af in aanwezigheid van organisch materiaal
- Vrijkomend chloorgas (ARBO!), pH-afhankelijk
- Corrosie van metaal

**Apparaat zonder ion-specifiek membraan tussen + en – compartiment:**

- Lagere conc.  $\text{OCl}^-$ ,  $\text{HOCl}$
- Lagere redoxpotentiaal
- Neutrale pH (ook te bereiken in apparaat mét membraan door water van – pool te mengen met water van + pool)
- Niet corrosief

## Chloordioxide

- Chloordioxide is een gas met een chloorachtige prikkelende geur. Het wordt gebruikt als bleekmiddel, maar het is ook een krachtig ontsmettingsmiddel. In water verdund is het een vrij radicaal. Het gas is onstabiel en valt uiteen in chloorgas,  $\text{Cl}_2$  (elementair chloor), en zuurstof.
- Chloordioxide desinfecteert door middel van oxidatie. Het is het enige biocide dat een moleculair vrij radicaal is. Het heeft een oneven aantal (19) elektronen en zoekt stoffen waar het mee kan reageren die een elektron delen of afgeven. Wanneer chloordioxide reageert, doet het dat alleen met stoffen die een elektron afgeven. Chloor daarentegen voegt of substitueert een chlooratoom aan de stof toe waar het mee reageert. Chloordioxide werkt als desinfectiemiddel selectiever dan Chloor. Het is minder reactief dan ozon en chloor, maar doordat het in leidingen alleen reageert met zwavelverbindingen, amines en andere reactieve organische verbindingen, is er bij een lagere concentratie al een goed effect. Het kan beter dan ozon en chloor worden toegepast in zwaar organisch vervuilde situaties. De celonderdelen van bacteriën behoren tot de organische verbindingen waar chloordioxide mee reageert. Verschillende processen in de cellen van bacteriën worden onderbroken. Chloordioxide reageert direct met aminozuren en het RNA in de cel. De productie van eiwitten wordt verhinderd. Chloordioxide tast het celmembraan aan en belemmert daarmee de ademhaling. Bij het uitschakelen van bacteriën wordt de wand van de cellen door chloordioxide gepenetreerd. Virussen worden op een andere manier aangepakt. Chloordioxide doodt virussen doordat het de aanmaak van eiwitten tegengaat. Chloordioxide is effectiever tegen virussen dan ozon of chloor.
- Chloordioxide is een zeer goede kandidaat voor ontsmetting in een compartiment, tegen lage kosten en bij normale temperaturen, mits het vrijkomende gas effectief weggevangen en onschadelijk gemaakt wordt.
- Chloordioxide is veel minder reactief dan ozon of chloor en reageert in de leidingen alleen met zwavelverbindingen, amines en enkele andere reactieve organische verbindingen. Er is in vergelijking tot chloor en ozon minder chloordioxide nodig om een actief residu desinfectiemiddel te verkrijgen. Daarnaast kan het worden toegepast in gevallen waarbij sprake is van een hoog gehalte organisch materiaal.
- Het gebruik van chloordioxide in plaats van chloor voorkomt de vorming van schadelijke gehalogeneerde desinfectiebijproducten, zoals trihalomethanen (THM) en gehalogeneerde azijnzuren (HAA) omdat chloordioxide niet met ammoniakstikstof en amines of ander

oxideerbaar organisch materiaal reageert. Chloordioxide verwijdert stoffen die tot trihalomethanen reageren en bevordert de coagulatie. Daarnaast oxideert chloordioxide bromide niet tot broom. Wanneer bromidebevattend water met chloor of ozon wordt behandeld, wordt bromide geoxideerd tot broom en onderbromig zuur. Deze reageren vervolgens met organisch materiaal tot gebromeerde desinfectie bijproducten, zoals bromoform.

- Chloordioxide kan het beste als vloeistof bij een temperatuur van 4 °C bewaard worden. Het is dan redelijk stabiel. Chloordioxide kan echter niet te lang bewaard worden, omdat het langzaam uiteenvalt in chloor en zuurstof. Het wordt zelden bewaard als gas, omdat het onder druk explosief is. Als de concentratie chloordioxide in lucht meer is dan 10% is het explosief. In een waterige oplossing is het echter stabiel en oplosbaar. Waterige oplossingen met ongeveer 1% ClO<sub>2</sub> (10 g/L) kunnen veilig opgeslagen worden, wanneer ze beschermd worden tegen licht en gekoeld worden bewaard. Als gevolg van de instabiliteit van chloordioxide wordt het zelden vervoerd. Doorgaans wordt het ter plaatse gemaakt.
- **WUR:** Chloordioxide was in een test op drainwater minder succesvol (Stijger ea, 2014 Rapport GTB-1316). Het bleek niet mogelijk te zijn plantenvirus volledig te doden op een oppervlak (in dit geval glas) en in voedingswater.
- **Van Os en Kromwijk:** Dosering: 1-5 mg/l gedurende 3-10 min. Afhankelijk van organische vervuiling, pH en temperatuur. Weinig bekend over effectiviteit als ontsmettingsmiddel tegen pathogenen in drainwater. Het wordt in andere sectoren (drinkwater, zwembaden) gebruikt om bacteriën te doden. ClO<sub>2</sub> wordt ter plaatse gemaakt en opgelost in water, waar chloor sterk reageert met organische stoffen. DLV onderzoek (2008) naar virusbestrijding gaf onvoldoende doding bij 10 ppm ClO<sub>2</sub> gedurende 5 minuten. Wordt veel gebruikt om leidingen schoon te maken.

#### **Voordelen:**

- Goed oplosbaar in (voornamelijk koud) water. Hydroliseert niet wanneer het in water terecht komt, maar blijft als een opgelost gas in de oplossing. Ongeveer 10 keer meer oplosbaar in water dan chloor. Met behulp van beluchting of koolstofdioxide kan chloordioxide verwijderd worden.
- Meestal in situ productie dus geen transport noodzakelijk (geen transport → duurzaam)
- Produceert minder schadelijke bijproducten dan chloor (zoals dioxines).
- Zeer sterke oxidator en effectief in het doden van schimmels, bacteriën en virussen.
- Voorkomt en verwijdert biofilm.
- Reageert onafhankelijk van de concentratie of de reactietijd direct met de celwand van micro-organismen. In tegenstelling tot niet oxiderende desinfectiemiddelen doodt chloordioxide micro-organismen ook op het moment dat ze niet actief zijn. De concentratie chloordioxide die nodig is om effectief micro-organismen te doden is daarom lager dan van niet-oxiderende desinfectiemiddelen.
- Micro-organismen kunnen tegen chloordioxide geen resistentie opbouwen.
- Effectief bij lage doseringen.
- Heeft ten opzichte van chloor het voordeel dat het als desinfectiemiddel effectief is bij een pH tussen 5 en 10. De effectiviteit neemt zelfs toe bij een hogere pH, terwijl de actieve vormen van chloor sterk beïnvloed worden door een verandering in de pH.
- Effectiviteit is niet afhankelijk van de temperatuur of hardheid van het water.
- Bij de concentraties die gebruikt worden voor desinfectie is chloordioxide niet corrosief

#### **Nadelen:**

- Kan niet te lang bewaard worden, omdat het langzaam uiteenvalt in chloor en zuurstof.

- Uit een wateroplossing met chloordioxide kan chloordioxidegas ontsnappen. Dit is vooral gevaarlijk wanneer sprake is van een afgesloten ruimte. Als de concentratie chloordioxide in de lucht boven de 10% komt, is het chloordioxide explosief.
- Blootstelling aan chloordioxide kan resulteren in gezondheidsklachten.
- Chloordioxide is vijf à tien keer duurder dan chloor. Chloordioxide is echter goedkoper dan andere desinfectiemethodes, zoals ozon.

## Natriumhypochloriet

- Natriumhypochloriet wordt ook wel chloorbleekloog (oplossing met 150 g/l actief chloor), chloorbleekmiddel (100 g/l actief chloor) en chloorbleekwater (50 g/l actief chloor) genoemd. Voor deze vier stoffen geldt dezelfde chemische structuur: NaClO. Andere benamingen van deze stoffen zijn bleekwater en natriumhypochlorietoplossing. In de volksmond wordt natriumhypochloriet 'chloor' genoemd terwijl chloor (Cl<sub>2</sub>) toch een andere structuur heeft. Natriumhypochloriet bestaat uit natronloog (NaOH) waarin chloor is opgelost.
- Natriumhypochloriet is een heldere, lichtgele oplossing met een kenmerkende geur.
- De relatieve dichtheid van hypochloriet is 1,1 (5,5% waterige oplossing).
- Natriumhypochloriet is instabiel. Chloor verdwijnt met 0,75 gram actief chloor per dag uit de oplossing. Natriumhypochloriet ontleedt bij verhitting, bij contact met zuren en onder invloed van licht en sommige metalen, waarbij giftige en bijtende gassen, onder andere chloorgas, worden gevormd. Natriumhypochloriet is een sterk oxidatiemiddel en reageert met brandbare en reducerende stoffen. Natriumhypochlorietoplossing in water is een zwakke base. Het is niet brandbaar. Met deze eigenschappen moet rekening worden gehouden bij het transport, de opslag en het gebruik van natriumhypochloriet.
- Natriumhypochloriet is effectief tegen bacteriën, schimmels en virussen. De desinfecterende werking van natriumhypochloriet is overeenkomstig met die van chloor.
- Natriumhypochloriet (NaClO) + natronloog (NaOH). Natronloog geeft hoge pH en voorkomt vrijkomen chloorgas  $\text{Na}^+ + \text{ClO}^-$  (hypochloriet) in water ( $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ):  $\text{ClO}^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HClO}$  (onderchlorig zuur, de echte ontsmetter) Hoe meer onderchlorig zuur, des te hoger de oxiderende (ontsmettende werking) van de oplossing. Dit wordt weerspiegeld door de redoxpotentiaal van de oplossing. Hoe lager de pH des te meer het evenwicht naar rechts ligt (meer onderchlorig zuur); onder pH 6 komt chloorgas vrij en verdwijnt de ontsmettende werking. In relatief schoon water: Goede ontsmetting met een chloorgehalte ( $\text{ClO}^- + \text{HClO}$ ) van 3 à 5 ppm. Als de pH 6.5 à 7 is, dan is 80 à 95% aanwezig als HClO en bedraagt de ORP 650 à 700 mV. Toevoegen van hypochloriet tot een waarde van 25 ppm verhoogt de ORP tot 900 à 950 mV (bij gelijkblijvende pH).
- Er zijn verschillende manieren om natriumhypochloriet te gebruiken. Bij insitu zoutelektrolyse wordt eerst een oplossing gemaakt van zout (NaCl) in water. Hierbij ontstaan natrium (Na<sup>+</sup>) en chloride (Cl<sup>-</sup>) ionen.
- $4\text{NaCl} \rightarrow 4\text{Na}^+ + 4\text{Cl}^-$
- Door de zoutoplossing over een electrolysecel te leiden ontstaan aan de elektroden de volgende reacties:  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$   $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ . Vervolgens reageren chloor en loog met elkaar tot hypochloriet:  $\text{OH}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HOCl} + \text{Cl}^-$

### Voordelen:

- Micro-organismen kunnen er geen resistentie tegen opbouwen
- Het voordeel van het produceren van Natriumhypochloriet met een zoutelektrolysesysteem

is dat er geen aanvoer en opslag van natriumhypochloriet nodig zijn (geen transport → duurzaam)

- Een bijkomend voordeel van het zout in-situ proces is dat het aangemaakte chloor pH verlagend werkt waardoor er geen zuur nodig is om de pH van het water te verlagen.

**Nadelen:**

- Als natriumhypochloriet te lang wordt opgeslagen wordt het inactief

- Natriumhypochloriet is een gevaarlijke en corrosieve stof. Bij de standaard concentratie moet men veiligheidsprocedures volgen om arbeiders en het milieu te beschermen en om er voor te zorgen dat NaOCl niet aanraking komt met lucht, waardoor het afbreekt.

## Plasmawater

- Plasma Geactiveerd Water (PAW kan eenvoudig gemaakt worden van kraanwater door met een apparaat op twee elektroden waarlangs water stroomt een hoge elektrische spanning te zetten. Hierdoor ontstaat een 'bliksemschicht' waardoor reactieve zuurstof- en stikstofdeeltjes uit de lucht in het water oplossen. Door water op die manier met een plasma te behandelen, geef je het unieke eigenschappen. Zo kun je het de eerste vijftien minuten na de activatie gebruiken voor toepassingen als desinfectie of sterilisatie. Daarna valt het terug in een toestand van water dat een uitstekende meststof voor planten en gewassen vormt door de opgeloste stikstof in de vorm van nitraat.' Tevens behoudt het water na de 15 minuten een milde maar langdurige desinfecterende werking. Je kunt dus plasma potentieel in vele toepassingen gebruiken, niet alleen voor reiniging en desinfectie, maar ook bij waterzuivering en als vloeibare meststof.

- Het is een milieuvriendelijke methode waarbij geen schadelijke bijproducten ontstaan.

- In proeven bij Wageningen UR Glastuinbouw werd aangetoond dat de werking van onverdund PAW voldoet aan de desinfectie-eis tegen bacteriën en dat de werking tegen Botrytis op gerbera vergelijkbaar is met andere middelen, maar is wellicht verder te optimaliseren. Er wordt vervolgonderzoek gepland, ook bij bloembollen. Het onderzoek bij FloraHolland toonde aan dat PAW een goed alternatief is voor de standaard chloortabletten bij voorbehandeling van snijbloemen.

- Binnen een Europees subsidieproject (EFRO) worden agrarische en medische toepassingen ontwikkeld van PGW. Hier bleek dat PGW kan worden ingezet als schoon en duurzaam alternatief voor pesticiden en bestrijdingsmiddelen, maar ook als vaaswater voor snijbloemen. Ook wordt onderzocht of PGW kan worden gebruikt voor het desinfecteren van handen, oppervlakken en ruimtes.

**Voordelen:**

- Meststoffen besparen

- Niet vervoeren want wordt in situ gemaakt (beperking van transportbewegingen → duurzaam)

- Geen schadelijke restproducten, milieuvriendelijk

- Misschien stroom opwekken met zonnepanelen en windenergie → duurzaam

- Vervanging pesticiden

## UV straling

- Uv-licht bestaat uit een golflengte van 254 nm. Uv-licht wordt veelal gebruikt voor het desinfecteren van drinkwater en producten. De straling beschadigt het DNA en RNA,

waardoor micro-organismen zich niet meer kunnen voortplanten. Uv-licht is effectief op schimmel, bacteriën en virussen en is makkelijk toepasbaar in systemen (Bioclimatic , 2018).

- Om schimmels en bacteriën te bestrijden is 100 mJ/cm<sup>2</sup> Uv-licht nodig en voor het bestrijden van virussen is 250 mJ/cm<sup>2</sup> nodig.

- Deze techniek kan alleen worden gedaan als de primaire eis van de helderheid van het water T10 is. T10 is de transmissiewaarde, oftewel het percentage Uv-licht dat nog na 10 mm water overblijft. Ontsmetten van spoelwater met Uv-licht in lelies kan in schoonwater (drinkwater) goed doordringen en ziektekiemen doden. Spoelwater van de lelie is doorgaans niet helder en door de aanwezigheid van organisch materiaal zal het Uv-licht doven.
- Uv-licht wordt gebruikt door waterleidingbedrijven en in de akkerbouwsector voor het ontsmetten van water, ruimte, apparatuur (sterilisatie) en producten. Schimmels, bacteriën en virussen worden makkelijk gedood door de straling en beschadigt het DNA van deze micro-organismen waardoor ze zich niet meer kunnen voortplanten.
- Voor het ontsmetten van vloeistof, zoals water, is het van belang dat de vloeistof in een dunne laag dicht langs de lamp te leiden, omdat Uv-licht in een vloeistof snel uitdooft. Ook kunnen onopgeloste organisch materiaal en stoffen de uitdoving van het licht sterk verlagen. Om de werking van Uv-licht te optimaliseren kan dit worden behaald door het systeem te combineren met andere systemen zoals spuitmiddel, filter of hete lucht (Rozen, 2009).
- Uv-licht is toepasbaar aan een kookketel en kan via een bypass het water omleiden naar het Uv-licht. Uv-licht wordt met een smal buizensysteem aan de kookketel gemonteerd waardoor het water langs het Uv-licht moet. Uv-licht is een puntsysteem en heeft alleen effect op micro-organismen als het door de buizen gaat. Alles wat langs Uv-licht komt is schoon, het nadeel is dat zand en overig organisch materiaal Fusarium en andere ziektes kunnen vasthouden waar Uv-licht niet komt. Waardoor men ziektes in de kookketelbak blijft houden (Wildöer, 2018).
- Er zijn momenteel twee verschillende principes op de markt: lage druk lampen (LD-UV) en middendruk lampen (MDUV). Beide gaan uit van doding van de pathogenen door belichting met 254 nm. Het spectrum is bij de MD-UV lampen wat breder dan bij LD-UV lampen. Werking is afhankelijk van lichtdoorlatendheid voedingsoplossing (T10 genoemd). De lichtsterkte wordt hierop aangepast. Tevens is een reiniging op de lamp aanwezig. Voorfiltratie met 50-80 µm filter is noodzakelijk. In onderzoek voor CleanLight is het onschadelijk maken van PIAMV op oppervlakten aangetoond.

#### **Voordelen:**

- Geen residu in kookwater
- Goed voor het milieu
- Ontsmet water in een korte contacttijd
- Water kan worden hergebruikt
- Bestrijdt schimmel, bacterie, virus en fenolen
- Het systeem heeft weinig ruimte nodig en is goed toepasbaar aan een kookketel
- Kan gecombineerd worden met andere systemen
- Positieve invloed op fenolen

#### **Nadelen:**

- Uv-licht moet micro-organismen raken
- Door zwevend organisch materiaal wordt Uv-licht gedoofd
- Bij blootstelling is Uv-licht schadelijk voor ogen en huid.



## Jet 5

- Jet 5 is een desinfectiemiddel met waterstofperoxide en Perazijnzuur tegen gisten, bacteriën, virussen en schimmels en voor de bestrijding van groene aanslag.
- Bij Jet-5 wordt een volledige inactivatie van PIAMV op metalen en plastic oppervlak waargenomen bij 1% met een inwerkduur van 2 uur (de Kock ea, 2013).

## Virkon S

- Algemeen kan gesteld worden dat de reinigende werking van deze middelen op een metalen oppervlak beter is dan de reinigende werking op een plastic oppervlak. Voor Virkon S wordt bij een concentratie van 1% bij een inwerktijd van 5 minuten een volledige inactivatie van PIAMV op metalen en plastic oppervlak waargenomen (de Kock ea, 2013).

## Zuiver chloor

- Werkt op zouttabletten (NaCl) opgelost in een beperkte hoeveelheid water. Door een positieve en een negatieve elektrode wordt de geconcentreerde zoutoplossing ontleed in zuiver chloor (membraan elektrolyse). Met het geïntegreerde venturi systeem (waterstraalpomp) wordt alleen het zuivere chloor toegevoegd aan het giet- of proceswater (zonder Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>). Chloor wordt direct gedoseerd en niet opgeslagen in een voorraadtank.