

# AERATING DRIP IRRIGATION WATER: ASSESSING AGRONOMICS AND ECONOMICS

## AÉRATION DE L'EAU DE L'IRRIGATION GOUTTE-À-GOUTTE : ANALYSES AGRONOMIQUES ET ÉCONOMIQUES

by Jim Lauria, Mazzei Injector Company

One of the most coveted inputs in farming is...air. Countless acres of soil have been plowed over the centuries to introduce air into the root zone. Of course, plowing is extremely energy-intensive and environmentally destructive, so it made perfect sense back in 1941 for William Durrell of the University of Kansas to write in *Plant Physiology*, "...a study of suitable oxygen carriers, which could be applied as fertilizer and which would release oxygen slowly to the soil during the growing season, may be worthwhile."

L'un des intrants les plus importants en agriculture est... l'air. D'innombrables surfaces de terre ont été labourées au cours des siècles pour aérer la zone racinaire. Le labour est extrêmement énergivore et destructif pour l'environnement. Il était donc logique qu'en 1941, William Durrell, de l'Université du Kansas écrive dans *Plant Physiology*, « ... une étude des transporteurs d'oxygène appropriés, qui pourrait être appliqués comme engrais et qui libérerait lentement de l'oxygène dans le sol pendant la saison de croissance, pourrait être intéressante. »

Durrell was studying tomato production, but his paper highlighted the benefits of root zone aeration in a wide range of crops. As he noted in his paper, anyone who has seen crops suffering from waterlogged soils recognizes the impact of a low-oxygen root zone. Many crops rooted in soils suffering from low oxygen levels have reduced levels of nutrient uptake and less photosynthesis, inhibiting growth and yield potential.

Though we are still just scratching the surface, we now have a deeper appreciation for the role of soil microbiota in making nutrients available to crop roots and fueling healthy plant growth. And we are starting to recognize the role that the very same microscopic community has on the conversion of nitrogen sources into either plant-available forms of N or destructive greenhouse gases that are the focus of many governments' reduction efforts – including the State of California.

Durrell étudiait la production de tomates, mais son article soulignait les avantages de l'aération des racines pour une vaste gamme de cultures. Comme il l'a noté dans son article, quiconque a déjà vu des cultures souffrant d'asphyxie due à des sols gorgés d'eau reconnaît l'impact d'une zone racinaire pauvre en oxygène. De nombreuses cultures enracinées dans des sols pauvres en oxygène ont des niveaux d'absorption des nutriments et de photosynthèse réduits, ce qui inhibe la croissance et les possibilités de rendement. Bien que nous ne fassions que gratter le sol en surface, nous comprenons mieux maintenant le rôle du microbiote du sol dans la mise à disposition des éléments nutritifs disponibles pour les racines des plantes et dans leur incidence pour leur croissance. Nous commençons à reconnaître le rôle de cette communauté microscopique dans la transformation des sources d'azote sous formes d'azote disponibles pour les plantes, ou en gaz à effet de serre destructeurs et dont la nécessaire réduction est au centre des préoccupations de nombreux gouvernements, parmi lesquels l'État de Californie.

**Turbulence created within the system allows well-designed venturi injectors to be highly efficient at dissolving oxygen into the irrigation water.**

La turbulence créée dans l'appareil permet aux injecteurs venturi bien conçus de dissoudre très efficacement l'oxygène dans l'eau d'irrigation.



© MAZZEI INJECTOR COMPANY

That means farmers are not only under economic pressure to aerate their fields, but also face regulatory challenges to minimize the production of greenhouse gases.

### INJECTION OF HOPE

The first challenge is finding a cost-effective way to add oxygen to the soil to boost metabolism and plant growth.

Unfortunately—and somewhat ironically—it is challenging to supply the air that is so abundant above the soil surface to oxygenate the soil column below ground level. Oxidizing chemicals like hydrogen peroxide are effective, but they are difficult to handle and expensive. Pumping air into the soil with a compressor is costly and difficult to control, and the air quickly travels out of the soil. A super microbubble generating system pumping tiny bubbles (less than 3 microns in diameter) into water has been proven effective in improving photosynthesis, but the process is energy-intensive and high-maintenance, and can only be used on relatively small parcels.

Cela signifie que les agriculteurs sont non seulement soumis à une pression économique pour aérer leurs champs, mais sont également confrontés à des défis réglementaires pour réduire au minimum la production de gaz à effet de serre.

### L'INJECTION DE L'ESPOIR

Le premier défi consiste à trouver un moyen rentable pour ajouter de l'oxygène au sol et ainsi stimuler le métabolisme et la croissance des plantes.

Malheureusement—et un peu ironiquement—il est difficile de fournir l'air qui est si abondant au-dessus de la surface du sol pour oxygéner le sol qui se trouve en dessous. Les produits chimiques oxydants tels que le peroxyde d'hydrogène sont efficaces, mais ils sont difficiles à manipuler et coûteux. Envoyer de l'air dans le sol avec un compresseur est coûteux et difficile à contrôler, et l'air s'échappe rapidement du sol. Un système générateur de microbulles introduisant de minuscules bulles (de moins de 3 microns de diamètre) dans l'eau s'est avéré efficace pour améliorer la photosynthèse, mais ce processus consomme beaucoup d'énergie, nécessite une importante maintenance et ne peut être utilisé que sur des parcelles relativement petites.

In a presentation at the 2018 Irrigation Association IA Show, Dr. Dave Goorahoo of California State University, Fresno, and John Petrosso of Mazzei Injector Company described the development of a venturi injector-based root zone aeration called AirJection and updated the audience on academic research into its effects on crop yields and quality.

The development of AirJection was started in 1996 by engineers at Mazzei Injector Company, who harnessed the flow of water in subsurface drip irrigation lines to draw air into a venturi injector, mixing an air/water slurry in the line before it reached the drip system's emitters. Because the injection and mixing are driven by the force of the water passing through the injector, the system requires no additional energy and operates with minimal head loss. Harkening back to the lessons Angelo Mazzei learned on his uncle's farm, the system was designed to be a quick retrofit to existing subsurface drip systems or an easy add-on to new ones.

Turbulence created within the system allows well-designed venturi injectors to be highly efficient at dissolving oxygen into the irrigation water. A study of venturi injectors in aerating drip irrigation water by Josef Maestre-Valero and Victoriano Martinez-Alvarez in *Agricultural Water Management* demonstrated that venturi injectors brought dissolved oxygen levels to 80.6 percent saturation—close to the saturation point.

## CROP RESPONSE

By 2000, Mazzei had teamed up with university researchers to begin studying and validating the concept. In 2001, Mazzei received a patent on AirJection and field trials began. In the years since then, scientists around the world—including researchers in the U.S., Australia, Spain, Italy, Egypt, Japan and China—have tested AirJection on a wide range of crops, from cotton to strawberries. Again and again, the results showed significant boosts in yield and quality in the aerated fields.

Mr. Goorahoo, in the State of Fresno, led a pivotal eight-year study of an AirJection system on 1,500 acres of Central Valley vegetables. He recorded a 23-percent average increase in yield in cantaloupes, ranging from 12 to 34 percent during the study. A profitability analysis revealed that applying aerated drip water on all of the host farm's cantaloupe acres would have penciled out to a total of 1.3 million more boxes and added net return of more than \$3.7 million over the 8-year research period.

Lors d'une présentation au salon 2018 de l'Irrigation Association, Dave Goorahoo de l'Université d'État de Californie à Fresno et John Petrosso de la Mazzei Injector Company ont présenté les résultats d'investigations sur l'aération de la zone racinaire par un injecteur de type venturi appelée AirJection et informé le public de l'incidence de ces recherches sur les rendements et la qualité des cultures.

Le développement d'AirJection a débuté en 1996 avec les ingénieurs de Mazzei Injector Company, qui ont utilisé l'écoulement de l'eau dans les canalisations d'une installation d'irrigation goutte-à-goutte enterrée pour injecter de l'air avec un injecteur à venturi, et créer dans la canalisation une suspension air/eau avant qu'elle n'atteigne les goutteurs. Étant donné que l'injection et le mélange sont entraînés par la force de l'eau traversant l'injecteur, le système ne nécessite aucune énergie supplémentaire et fonctionne avec une perte de charge minimale. En tenant compte de ce qu'il avait appris sur la ferme de son oncle, Angelo Mazzei a conçu un système pouvant être facilement ajouté sur les installations en goutte-à-goutte enterrées existantes ou installées sur les nouvelles installations.

La turbulence créée dans l'appareil permet aux injecteurs à venturi bien conçus de dissoudre très efficacement l'oxygène dans l'eau d'irrigation. Une étude sur l'aération de l'eau, par injecteur à venturi et irrigation goutte-à-goutte, présentée par Josef Maestre-Valero et Victoriano Martinez-Alvarez dans *Agricultural Water Management* a montré que ce type d'injecteur permettaient de ramener le taux d'oxygène dissous à une teneur de 80,6 % – proche du point de saturation.

## RÉPONSES DES CULTURES

En 2000, Mazzei associé à des chercheurs universitaires, commence à étudier et à valider ce concept. En 2001, Mazzei brevète AirJection et les essais sur le terrain commencent. Depuis lors, des scientifiques du monde entier, notamment aux États-Unis, en Australie, en Espagne, en Italie, en Égypte, au Japon et en Chine, ont testé AirJection sur un large éventail de cultures, allant du coton aux fraises. À chaque fois, les résultats ont montré des gains significatifs de rendement et de qualité des cultures dans les champs aérés.

Goorahoo, dans l'État de Fresno, a dirigé une étude importante sur huit ans en utilisant un système AirJection sur 1 500 acres (607 hectares) de légumes à Central Valley. Au cours de l'étude, il a enregistré une augmentation moyenne de 23 % sur les rendements des cantaloups (de 12 à 34 %). Une analyse de rentabilité a montré qu'appliquer une irrigation goutte-à-goutte avec de l'eau aérée sur la totalité de la superficie plantée en cantaloup de l'exploitation aurait porté à 1,3 million de caisses supplémentaires et généré un rendement net de plus de 3,7 millions de dollars sur une période de recherche de 8 ans.



On the same farm, Goorahoo also logged yield increases on the aerated fields in honeydew, sweet corn, and peppers.

In other trials, tomato yields in California increased by 21 percent in normal soils and 38 percent in saline soil as a result of aerated subsurface irrigation water. Watermelon yields almost doubled, while soluble solids increased by 4 percent.

Studies in broccoli recorded increases in root mass, root size, and canopy among plants treated with aerated drip irrigation water. Aeration resulted in root dry weight increases of 12 percent in broccoli and 16 percent in sweet corn compared to crops irrigated with non-aerated water. Dramatic differences in root tip size also occurred in tomato.

### DIG DEEPER

As appreciation for the rich microbial community in healthy soils increased among scientists and farmers and DNA analysis became more feasible, Goorahoo dug deeper into the effects of aeration in subsurface drip systems. Working with Josue Somano Monroy at Fresno State and Adrian Unc and Crystal McCall at Memorial University of Newfoundland, he explored the impact of aerated water on the balance of biota in the soil.

Sur la même exploitation, Goorahoo a également enregistré des augmentations de rendement sur les champs aérés plantés en melons miels, maïs doux et poivrons.

Dans d'autres essais, en Californie, les rendements de tomates ont augmenté de 21 % dans les sols normaux et de 38 % dans les sols salins grâce à l'eau aérée d'une irrigation souterraine. Les rendements en pastèque ont presque doublé, tandis que les solides solubles ont augmenté de 4%.

Des études sur brocolis ont montré des augmentations de la masse racinaire, de la taille des racines et du couvert végétal parmi les plantes traitées avec de l'eau d'irrigation goutte-à-goutte aérée. L'aération a entraîné une augmentation du poids sec des racines de 12% pour le brocoli et de 16% pour le maïs doux par rapport aux cultures irriguées avec de l'eau non aérée. Des différences spectaculaires dans la taille des racines ont également été observées chez la tomate.

### CREUSER PLUS PROFONDÉMENT

Alors que les scientifiques et les agriculteurs prenaient de plus en plus conscience de la richesse de la population microbienne dans des sols sains et que l'analyse de l'ADN devenait plus facile à réaliser, Goorahoo a approfondi l'étude des effets de l'aération dans les systèmes goutte-à-goutte enterrés. Travaillant avec Josue Somano Monroy dans l'État de Fresno et avec Adrian Unc et Crystal McCall à la Memorial University de Terre-Neuve, il a étudié l'impact de l'eau aérée sur l'équilibre du biote présent dans le sol.

**Euromacchine**  
GROUP FORCE

**RIVERSCREEN**  
DEPENDABLE  
WATER SUPPLY  
SELF-CLEANING  
OPERATION

OFFICIAL RIVERSCREEN DISTRIBUTOR

**CORNELL PUMPS**  
EFFICIENT BY DESIGN  
ENERGY EFFICIENT  
INNOVATION FOR LESS WEAR

OFFICIAL CORNELL DISTRIBUTOR

**Euromacchine** Via delle Industrie, 20 | 31047 Ponte di Piave (TV) Italy | Tel. +39 0422 853200 | info@euromacchine.it | www.euromacchine.com

Using PCR (polymerase chain reaction) DNA analysis to assess the presence and proportion of genes in soil samples, the team was able to discern among genes from *nifH*, *amoA* and *Archea*— which are active in ammonia oxidation—and genes involved in nitrite or nitrate reductase processes, including *narG*, *napA*, *nirK*, *nirS*, and *nosZ*. That allowed them to observe changes in the ratios among *Archaea* and the various bacteria in the samples.

In healthy soils, *Nitrosomonas* and other microbes convert ammonia to nitrite, then *Nitrobacter* and other biota transform the nitrite into nitrate, which can be used by plants. The process requires two steps and microorganisms from up to four genera to complete. If oxygen is in short supply, denitrification increases—*Pseudomonas*, *Bacillus*, and *Thiobacillus* microbes reduce nitrate into volatile forms of N. The result is the loss of valuable nitrogen from the soil, much of it in the form of nitrous oxide, a greenhouse gas, and nitric oxide, which depletes the ozone layer and contributes to acid rain. The rest drifts off as atmospheric N<sub>2</sub>, which is environmentally benign, but represents a loss of nitrogen that the farmer paid for.

Goorahoo said AirJection had a clear selective impact on the distribution of the tested genes among the population and hypothesized that total diversity in the microbial population of the tested soil also changed. The microbial populations in the aerated treatments tipped toward beneficial bacteria that convert ammonia and ammonium into plant-available nitrate, while the non-aerated treatments leaned toward higher proportions of reducing bacteria. That suggests that aeration can lead to lower NO<sub>x</sub> production and increased availability of nitrate in the root zone, enhancing nutrient use efficiency while also reducing the release of NO<sub>x</sub>, NO and N<sub>2</sub> to the atmosphere.

## MODERN CHALLENGES

Reducing the emission of greenhouse gases, smog precursors and ozone-depleting agents from agricultural soils has become more than just a moral discussion for many farmers. Increasingly, it is becoming a regulatory hurdle. Many jurisdictions, including California, have targeted emissions reduction from agricultural land as significant parts of their environmental programs, just as they have created regulations to reduce the leaching of nitrates into groundwater.

Anticipating the need, not just the benefits, of aeration systems is likely to confer an important advantage on

En utilisant l'analyse de l'ADN par PCR (réaction en chaîne de la polymérase) pour évaluer la présence et la proportion de gènes dans des échantillons de sol, l'équipe a été en mesure de distinguer les gènes de *nifH*, *amoA* et *Archea* – qui sont actifs dans l'oxydation de l'ammoniac – et les gènes impliqués dans des processus de nitrite ou de nitrate réductase, y compris *narG*, *napA*, *nirK*, *nirS* et *nosZ*. Cela leur a permis d'observer des changements dans les rapports entre les *Archaea*s et les différentes bactéries présentes dans les échantillons. Dans les sols sains, *Nitrosomonas* et d'autres microorganismes transforment l'ammoniac en nitrite, puis *Nitrobacter* et d'autres organismes transforment le nitrite en nitrate, qui peut être utilisé par les plantes. Ce processus nécessite deux étapes et des micro-organismes appartenant à quatre genres au maximum. La dénitrification augmente lorsque l'oxygène est rare – les microorganismes *Pseudomonas*, *Bacillus* et *Thiobacillus* réduisent les nitrates en azote volatil. Il en résulte une perte d'azote, importante pour le sol, principalement sous forme d'oxyde nitreux, un gaz à effet de serre et sous forme d'oxyde nitrique, qui appauvrissent la couche d'ozone et contribuent aux pluies acides. Le reste se dissipe dans l'atmosphère sous forme d'azote gazeux, sans danger pour l'environnement, mais représentant une perte d'azote que le producteur a financée.

Goorahoo a déclaré que AirJection avait un impact sélectif évident sur la distribution des gènes testés parmi la population et a émis l'hypothèse que la diversité totale de la population microbienne du sol testé a également changé. Lorsqu'il y a aération, les populations microbiennes s'orientent vers des bactéries bénéfiques qui convertissent l'ammoniac et l'ammonium en nitrate disponible pour les plantes, alors qu'en l'absence d'aération, on obtient des proportions plus élevées de bactéries réductrices. Cela suggère que l'aération peut réduire la production d'oxydes nitreux (NO<sub>x</sub>) et augmenter la disponibilité de nitrate dans la zone racinaire, améliorant ainsi l'utilisation des nutriments tout en réduisant les rejets de NO<sub>x</sub>, de NO et de N<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

## DÉFIS MODERNES

Réduire les émissions de gaz à effet de serre, les précurseurs de smog et les agents appauvrissant la couche d'ozone par les sols agricoles est devenu plus qu'un simple débat moral pour de nombreux agriculteurs. Cela devient de plus en plus une obligation réglementaire. De nombreuses juridictions, y compris la Californie, ont ciblé la réduction des émissions à partir des terres agricoles comme un élément important de leurs programmes environnementaux, tout comme elles ont créé des réglementations visant à réduire la lixiviation des nitrates dans les eaux souterraines.

Anticiper les besoins, et pas seulement les bénéfices des systèmes d'aération, est susceptible de conférer d'importants avantages aux agriculteurs et aux consultants en



forward-thinking farmers and irrigation consultants. It could also drive research into conservation systems that can help federal, state and regional governments achieve their environmental goals.

With increasing demand for food, feed, fiber and fuel, farmers are under pressure to deliver more crop per drop—increased water use efficiency (WUE)—as well as increased nitrogen use efficiency (NUE). Intensified irrigation is likely to lead to increased soil salinity in some areas, which makes it especially interesting to note that Goorahoo's Central Valley vegetable trials found greater impact of AirJection in saline soils than normal soils—tomato yields increased by 21 percent in normal soils and 38 percent in saline soil.

Maintaining a balance of microbes that favor nitrification over denitrification is extremely important to creating an environment for NUE, as well as for minimizing air pollution and the emission of greenhouse gases and smog precursors. Those environmental benefits, along with improvements in soil health and greater crop yield and quality, make aerated drip irrigation water a win-win-win. ■

**Jim Lauria is vice president of Sales & Marketing for Mazzei Injector, a fluid design company that manufactures mixing and contacting systems. He is a leader in the water treatment field with a proven track record of revenue growth, profit improvement and new business development. Since graduating with a Bachelor of Chemical Engineering degree from Manhattan College, Jim has traveled extensively benchmarking the world's best water management practices.**

irrigation avant-gardistes. Cela pourrait également conduire à des recherches sur des systèmes de conservation susceptibles d'aider les gouvernements fédéraux, régionaux et les états à atteindre leurs objectifs environnementaux.

Face une demande croissante de denrées alimentaires, des aliments pour animaux, des fibres et du combustible, les agriculteurs sont obligés d'accroître de plus en plus leur production par goutte d'eau utilisée—efficacité accrue de l'utilisation de l'eau (WUE) – ainsi qu'une efficacité accrue de l'utilisation de l'azote (NUE). Une irrigation plus importante entraînerait probablement, dans certaines régions, une augmentation de la salinité des sols. Il est donc particulièrement intéressant de noter que les essais sur légumes, effectués par Goorahoo, dans la Central Valley, ont montré que l'AirJection avait un impact plus important sur les sols salins que sur les sols normaux : les rendements en tomates ont augmenté de 21% dans un sol normal et de 38% dans un sol salin.

Maintenir un équilibre entre les microbes qui favorisent la nitrification par rapport à ceux qui favorisent la dénitrification est extrêmement important pour créer un environnement avec une utilisation accrue de l'azote (NUE), et pour minimiser la pollution de l'air et l'émission de gaz à effet de serre et de précurseurs de smog. Ces avantages environnementaux, associés à des améliorations de la santé des sols et des rendements et à une qualité de récolte supérieure, font de l'eau d'irrigation goutte-à-goutte aérée un système gagnant-gagnant-gagnant. ■

Jim Lauria est vice-président des ventes et du marketing chez Mazzei Injector, une entreprise spécialisée dans le domaine des fluides et qui travaille dans les technologies de mélange et de mixage. Chef de file dans le domaine du traitement de l'eau, il a fait ses preuves en augmentant la rentabilité et les bénéfices des entreprises et en créant de nouvelles sociétés. Après avoir obtenu un baccalauréat en génie chimique au Manhattan College, il a beaucoup voyagé pour comparer les meilleures pratiques de gestion de l'eau dans le monde.



Mazzei injectors—*economical and easy to use*—can add a wide range of fertilizers, nutrients & even air into your irrigation system

**Mazzei is the Solution to your Dosing Needs**

[www.mazzei.net](http://www.mazzei.net)

