

AERATING DRIP IRRIGATION WATER IMPROVES SOIL HEALTH

by Jim Lauria, Vice President of Sales & Marketing for Mazzei Injector Company, LLC

Aeration shifts microbial balance toward nitrifying bacteria

Soil health is a hot topic around the world, and new research is demonstrating the significant impact of irrigation on soil health—not just in keeping crops alive, but in creating a hospitable environment for the countless microbes that enable plants to thrive.

It is no secret that roots need air as well as water to survive—that is clear to anyone who has seen plants dying in a flooded field. However, we are only starting to understand the complex interactions among microbes in the soil that mineralize bound nutrients, convert fertilizers into forms that can either be used by plants or leaked into the environment, and help plants take up the nutrients they need to survive and maximize their production of food, feed, fuel and fiber.

Research by a team of scientists at California State University, Fresno in the U.S. and Memorial University of Newfoundland, Canada, showed that aerating irrigation water promotes a shift toward bacteria that convert ammonia into plant-available nitrate rather than microbes that are more likely to produce volatile nitrous oxides that waft away into the atmosphere.

Shift to Luxurious Growth Conditions

Dr. Dave Goorahoo of Cal State, Fresno, who headed the research team—which also included Josue

Samano-Monroy, Dr. Florence Cassel Sharma and Touyee Thao at Cal State, Fresno; Dr. Adrian Unc and Crystal McCall at Memorial University of Newfoundland and Dr. Govind Seepersad at the University of the West Indies in Trinidad and Tobago—presented the results at the Irrigation Association show in the U.S. last December.

L'aération de l'eau avec l'irrigation goutte-à-goutte favorise la santé des sols

L'aération modifie les équilibres biologiques des bactéries nitrifiantes

Au niveau mondial, la bonne santé des sols est un sujet brûlant et de nouvelles recherches démontrent l'impact significatif de l'irrigation dans ce domaine, non seulement pour le développement des cultures, mais aussi pour la création d'un environnement favorable pour les innombrables micro-organismes qui permettent aux plantes de pousser.

En effet, tout le monde sait que pour survivre, les racines ont besoin d'air et d'eau – et ceci est clair pour quiconque a vu des plantes mourir dans un champ inondé. Cependant, nous commençons seulement à comprendre les interactions complexes entre les micro-organismes du sol qui minéralisent les éléments organiques, convertissent les engrais en formes assimilables par les plantes ou qui se dispersent dans l'environnement et aident les plantes à utiliser les éléments nutritifs dont elles ont besoin pour survivre et maximiser la production alimentaire humaine et animale et celle des combustibles et des fibres.

Des recherches menées par une équipe de scientifiques de l'Université d'État de Californie, à Fresno, aux États-Unis et de l'Université Memorial de Terre-Neuve, au Canada, ont montré que l'aération de l'eau d'irrigation favorise le développement de bactéries qui transforment l'ammoniac en nitrate assimilables par les plantes plutôt que la formation de micro-organismes qui produisent des oxydes d'azote volatils qui s'échappent dans l'atmosphère.

Modifications vers des conditions de croissance importante

Le Dr. Dave Goorahoo de Fresno, (État de Californie), qui a dirigé l'équipe de recherche – qui comprenait également Josue Samano-Monroy, le Dr Florence Cassel Sharma et Touyee Thao (Fresno), le Dr. Adrian Unc et Crystal McCall à l'Université Memorial de Terre-Neuve et le Dr Govind Seepersad de l'Université des Indes occidentales à Trinité-et-Tobago – a présenté les résultats lors du salon de l'Irrigation Association aux États-Unis en décembre dernier.

© PHOTOS COURTESY OF DR. DAVID GOORAHOO, FRESNO ST.



INJECTOR AT STRAWBERRIES
INJECTEUR SUR FRAISES

A VENTURI INJECTOR USES WATER FLOWING THROUGH THE IRRIGATION SYSTEM TO DRAW AIR INTO THE LINE, ALLOWING THE DRIP TAPE TO DELIVER AIR AS WELL AS WATER TO THE CROP'S ROOTS.

Un injecteur utilise l'eau du système d'irrigation pour insuffler l'air dans la canalisation, ce qui permet à la gaine goutte-à-goutte d'apporter l'air ainsi que l'eau aux racines de la plante.

In his presentation, Goorahoo noted, "...bacteria dominance indicates a likely shift to more luxurious growth conditions."

Goorahoo and his colleagues studied clay soils from a vegetable field near Mendota, California, in the state's highly fertile Central Valley. Treated soils had been irrigated for five years with subsurface drip tape that was aerated with Venturi injectors.

The injectors use the flow of irrigation water to draw in air and mix it with the flow to form what Goorahoo describes as "an air/water slurry." Untreated soils on the same farm were irrigated through subsurface drip tape without the injectors. Using sophisticated DNA analysis techniques, the research team measured the balance of nine genes in the soil samples,

each associated with a specific type of bacterium or Archaea fungus. The soil irrigated with aerated water had a higher proportion of bacteria known to fix nitrogen in the soil into a form usable by crops, while the un-aerated plots had a higher ratio of nitrate-reducing bacteria that convert nitrite into nitrous oxide (N₂O)—a potent greenhouse gas—and NO_x compounds.

Dans sa présentation, Goorahoo notait que « ...la dominance des bactéries indique un changement probable vers des conditions de croissance des plantes plus favorables. »

Goorahoo et ses collègues ont étudié les sols argileux d'un champ de légumes près de Mendota, en Californie, dans la zone de Central Valley, une région très fertile de l'État. Les sols étudiés ont été irrigués pendant cinq ans avec des

gaines goutte-à-goutte enterrées et avec injection d'air par des injecteurs de type venturi.

Les injecteurs utilisent le flux d'eau d'irrigation pour aspirer de l'air et le mélanger avec l'eau pour former ce que Goorahoo décrit comme « une suspension air/eau ». Sur la même ferme, les sols non traités ont été irrigués avec des gaines goutte-à-goutte enterrées mais sans les injecteurs.

“While AirJection irrigation did not have a significant impact on nitrogen fixation or ammonia oxidation, the practice of adding aerated water via the buried drip line did have a significant impact on denitrification genes, suggesting lower NOx production potential and thus likely to increase the availability of nitrate in the root zone,”

Goorahoo told the Irrigation Association audience.

The presence of more plant-available nitrate in the root zone as well as healthier roots to channel it into the plant is likely to improve nutrient use efficiency (NUE) and reduce nitrate leaching, Goorahoo added.

“This might be hypothesized to enhance nitrogen use efficiency potential with AirJection,” he said, “and with the judicious water management within the root zone, plant nitrate uptake can be enhanced with a potential reduction in nitrate leaching.”

Higher Yields

The team’s microbial research is a fitting follow-up to Goorahoo’s findings in earlier yield trials with aerated subsurface drip systems in the same area.

In 2013, he addressed an Irrigation Association conference with results from eight years of field trials on a large produce farm with 1,500 acres of AirJection-equipped buried drip systems. The farm recorded a 23-percent average increase in cantaloupe yield with aerated water, as well as increases in honeydew, sweet corn and pepper yields. A 2008 paper Goorahoo presented to the association highlighted yield increases in California coastal strawberries of 18.3 percent #1-grade fruit and 6.9 percent of #2-grade fruit in aerated plots, in addition to larger root systems in aerated peppers and increases in the size and weight of aerated cantaloupes. In another California study, tomato yields rose 21 percent with aerated irrigation

water in normal soils and 38 percent in saline soil. Goorahoo also cited a 2013 study in Australia’s CSIRO Journals by Central Queensland University researchers demonstrating a 10-percent yield increase in cotton on heavy clay soils, which are prone to waterlogging and oxygen shortage during irrigation events.

En utilisant des techniques sophistiquées d’analyse d’ADN, l’équipe de recherche a mesuré l’équilibre de neuf gènes dans les échantillons de sol, chacun associé à un type spécifique de bactérie ou de champignon Archaea. Les sols irrigués avec de l’eau aérée présentaient une proportion plus élevée de bactéries connues pour fixer l’azote dans le sol sous une forme utilisable par les cultures, tandis que les parcelles non aérées présentaient un rapport plus élevé entre les bactéries réductrices des nitrates qui convertissent le nitrite en oxyde nitreux (N₂O) – un gaz à effet de serre puissant – et composé d’oxydes d’azote (NOx).

« Bien que l’irrigation associée à l’injection d’air n’a pas eu d’impact significatif sur la fixation de l’azote ou sur l’oxydation de l’ammoniac, l’utilisation d’une eau aérée avec l’irrigation goutte-à-goutte enterrée a eu un impact significatif sur les gènes de dénitrification, suggérant un potentiel de production plus faible d’oxydes d’azote (NOx) et la possibilité d’augmenter la disponibilité en nitrate dans la zone racine », a déclaré Goorahoo lors de la conférence de l’Irrigation Association.

« La présence de plus de nitrates disponibles pour les plantes, dans la zone racinaire, ainsi que des racines plus saines, permettant une meilleure assimilation par la plante, sont susceptibles d’améliorer l’efficacité de l’utilisation des nutriments (NUE) et de réduire le lessivage des nitrates », a-t-il ajouté.

« Cela peut laisser supposer que l’utilisation d’un injecteur permet d’augmenter l’efficacité de l’azote, et avec une gestion judicieuse de l’eau dans la zone racinaire, l’absorption des nitrates par les végétaux peut être améliorée et ainsi, réduire leur lessivage ».

Augmentation des rendements

La recherche microbienne est en concordance avec les résultats obtenus précédemment par Goorahoo, dans la même région, lors d’essais de rendement avec des systèmes d’irrigation goutte-à-goutte aérés, enterrés.

En 2013, lors d’une conférence de l’Irrigation Association, il a présenté les résultats de huit années d’essais sur le terrain, sur une grande exploitation de production, avec 1 500 acres irrigués en goutte-à-goutte enterré et équipée d’une injection venturi. Ainsi, avec de l’eau aérée, au niveau de l’exploitation, on a enregistré une augmentation moyenne de la production de 23 % pour le cantaloup, ainsi qu’un accroissement du rendement pour le melon miel, le maïs doux et les poivrons. En 2008, dans un article présenté à l’Irrigation Association, Goorahoo a mis en évidence, dans les parcelles aérées, une augmentation des rendements de 18,3 % pour les fruits de catégorie 1 et de 6,9 % pour ceux de catégorie 2, avec en plus, un système racinaire plus développé pour les poivrons et une augmentation de la taille et du poids des cantaloups. Dans une autre étude, en Californie, les rendements en tomates ont augmenté de 21 % avec de l’eau d’irrigation aérée dans des sols normaux et 38 % dans des sols salins.

En 2013, Goorahoo a également cité une étude dans un journal australien, le CSIRO Journals, présentée par des chercheurs de l’université centrale du Queensland démontrant une augmentation de 10 % du rendement du coton sur les sols argileux lourds sujets à l’engorgement et à une mauvaise oxygénation lors des phases d’arrosage. En utilisant des injecteurs pour augmenter la quantité d’air dans l’eau, jusqu’à 12 % en volume,

© PHOTOS COURTESY OF DR. DAVID GOORAHOO, FRESNO ST.



INJECTOR AT MELON
INJECTEUR SUR MELONS

Using injectors to bring air levels in the water up to 12 percent by volume, the Australian team noted higher moisture extraction rates—an indicator of water use efficiency and root activity—greater root mass and weight, more light interception (canopy), and enhanced root function. With the yield increase, the scientists calculated that the aeration system would pay off in less than four years.

Goorahoo noted that subsurface drip aeration systems have been studied in Spain, Egypt, Italy, Japan and China on crops ranging from top-dollar vegetables to silage corn. In addition to Venturi injectors, some researchers have studied the addition of hydrogen peroxide to irrigation supplies to oxygenate the water. However, the injector approach is chemical-free, nearly maintenance-free, and requires no personal protective equipment or hazardous material storage.

Engineered Injectors

The injectors in Goorahoo’s research utilize the Venturi effect, which

describes the low pressure zone created when a stream of water passes through a specially shaped tube whose diameter narrows, then expands again. That low pressure effect creates a vacuum that is used to draw air into the stream.

Dr. Srikanth Pathapati, Director of Computational Fluid Dynamics Analysis and Engineering at

l'équipe australienne a noté des taux d'extraction d'humidité plus élevés – indicateur d'une meilleure utilisation de l'eau et de l'activité des racines – un poids racinaire plus important, une meilleure interception de la lumière (canopée) et une amélioration de la fonction racinaire. Avec l'augmentation des rendements, les scientifiques ont calculé que le système d'aération serait rentable en moins de quatre ans.

Goorahoo a noté que les systèmes d'aération par goutte-à-goutte enterrés ont été étudiés en Espagne, en Égypte, en Italie, au Japon et en Chine sur des cultures allant de la culture des légumes à haut produit brut à celle du maïs d'ensilage.

En plus des injecteurs Venturi, certains chercheurs ont étudié l'ajout de peroxyde d'hydrogène dans l'eau d'irrigation pour

l'oxygéner. Cependant, l'utilisation de l'injecteur évite la mise en œuvre de produits chimiques, demande peu d'entretien, et ne nécessite ni équipement de protection individuelle, ni stockage de matières dangereuses.

Conception des Injecteurs

Les injecteurs utilisés par Goorahoo dans ses recherches, utilisent l'effet Venturi. Une zone de dépression est créée par le passage d'un courant d'eau dans un tube de forme spéciale dont le diamètre de passage diminue puis augmente à nouveau. Cette dépression crée un vide qui est utilisé pour aspirer l'air dans le flux.

Le Dr. Srikanth Pathapati, directeur de l'analyse informatique en dynamique des fluides chez Mazzei Injector Company à

Mazzei Injector Company in Bakersfield, California, pointed out that Venturi injectors must be very carefully designed and constructed to optimize both injection and mixing activity.

“The physics behind Venturi injectors can be altered by very small differences in the shape of the device,” Pathapati noted. *“We design, model and precisely construct our injectors to optimize not only how much air the injector can pull in, but how effectively it can shear the bubbles. That shearing action thoroughly mixes the gas and liquid so the irrigation system can deliver water with high levels of dissolved oxygen rather than just entrained bubbles. Design, materials and quality control are extremely important to getting a high-quality injector.”*

Future Research

Goorahoo continues to research the impacts of aerating irrigation water. He said aerated irrigation water’s impacts on soil microbial activity, crop performance in saline soils, rooting characteristics of various crops, pest resistance, nutrient use

efficiency and water use efficiency are all areas ripe for exploration.

In the meantime, he noted, *“venturi injectors can increase root zone aeration and add value to growers’ investment in SDI [subsurface drip irrigation]”*—important news for irrigation suppliers and farmers facing the current challenging agricultural economy. ■

Bakersfield, en Californie, a souligné que les injecteurs Venturi doivent être conçus et construits avec soin pour optimiser l’injection et le mélange.

« L’action des injecteurs Venturi peut être altérée par de très petites différences dans la forme de l’appareil », note-t-il. *« Nous concevons, modélisons et construisons nos injecteurs avec précision pour optimiser non seulement la quantité d’air que celui-ci peut introduire, mais également sa capacité à faire éclater les bulles. Cette action d’éclatement favorise au maximum le mélange gaz, liquide et ainsi le système d’irrigation apporte une eau avec un taux en d’oxygène dissous plus élevé que si les bulles étaient simplement entraînées. Conception, matériaux et contrôle qualité sont extrêmement importants pour obtenir des injecteurs très performants. »*

Avenir de ces recherches

Goorahoo continue à étudier les impacts de l’aération de l’eau d’irrigation. Il a déclaré que l’incidence d’une eau d’irrigation aérée sur l’activité microbienne du sol, les performances des cultures dans les sols salins, les caractéristiques d’enracinement de diverses cultures, la résistance aux ravageurs, l’efficacité de l’utilisation des nutriments et celle de l’utilisation de l’eau sont des domaines qu’il faut continuer d’explorer.

Entre-temps, il a noté, *« l’utilisation d’un injecteur Venturi dans les systèmes d’irrigation peut augmenter l’aération des racines et ajouter de la valeur à l’investissement pour productions en SDI (irrigation goutte-à-goutte enterrée) »* – ce qui est une information importante pour les fournisseurs de matériel d’irrigation et pour les agriculteurs face à une économie agricole difficile. ■

