

Effects of seasonal olive mill wastewater application on soil: Field experiment in Bait Reema village, Palestine

Cumulative PhD thesis by Nisreen Tamimi (M.Sc.) from Libya/ Palestine

Accepted dissertation thesis for the partial fulfillment of the requirements for a Doctor of Natural Sciences

Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften

Universität Koblenz-Landau

Thesis examiners:

Prof. Dr. Gabriele E. Schaumann, Universität Koblenz-Landau, Germany

Dr. Dörte Diehl, Universität Koblenz-Landau, Germany

Date of the oral examination: 21.09.2016

The PhD study is published online under the following link:

<https://kola.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/docId/1372>

Abstract

The global problematic issue of the olive oil industry is in its generation of large amounts of olive mill wastewater (OMW). The direct discharge of OMW to the soil is very common which presents environmental problems for olive oil producing countries. Both, positive as well as negative effects on soil have been found in earlier studies. Therefore, the current study hypothesized that whether beneficial effects or negative effects dominate depends on the prevailing conditions before and after OMW discharge to soil. As such, a better understanding of the OMW-soil interaction mechanisms becomes essential for sustainable safe disposal of OMW on soil and sustainable soil quality.

A field experiment was carried out in an olive orchard in Palestine, over a period of 24 months, in which the OMW was applied to the soil as a single application of 14 L m⁻² under four different environmental conditions: in winter (WI), spring (SP), and summer with and without irrigation (SU_{moist} and SU_{dry}). The current study investigated the effects of seasonal conditions on the olive mill wastewater (OMW) soil interaction in the short-term and the long-term. The degree and persistence of soil salinization, acidification, accumulation of phenolic compounds and soil water repellency were investigated as a function of soil depth and time elapsed after the OMW application. Moreover, the OMW impacts on soil organic matter SOM quality and quantity, total organic carbon (SOC), water-extractable soil organic carbon (DOC), as well as specific ultraviolet absorbance analysis (SUVA₂₅₄) were also investigated for each seasonal application in order to assess the degree of OMW-OM decomposition or accumulation in soil, and therefore, the persisting effects of OMW disposal to soil.

The results of the current study demonstrate that the degree and persistence of relevant effects due to OMW application on soil varied significantly between the different seasonal OMW applications both in the short-term and the long-term. The negative effects of the potentially hazardous OMW residuals in the soil were highly dependent on the dominant transport mechanisms and transformation mechanisms, triggered by the ambient soil moisture and temperature which either intensified or diminished negative effects of OMW in the soil during and after the application season. The negative effects of OMW disposal to the soil decreased by increasing the retention time of OMW in soil under conditions favoring biological activity. The moderate conditions of soil moisture and temperature allowed for a considerable amount of applied OMW to be biologically degraded, while the prolonged application time under dry conditions and high temperature resulted in a less degradable organic fraction of the OMW, causing the OMW constituents to accumulate and polymerize without being degraded. Further, the rainfall during winter season diminished negative effects of OMW in the soil; therefore, the risk of groundwater contamination by non-degraded constituents of OMW can be highly probable during the winter season.

Zusammenfassung

Der hohe Anfall von Olivenölmühlenabwasser (OMW) ist ein weltweites Problem in der Olivenölproduktion. Eine weit verbreitete Praxis ist die Entsorgung dieses Abwassers durch direktes Ausbringen auf den Boden die für Olivenöl produzierende Länder eine bisher nur wenig bekannte Umweltproblematik darstellt. Bisherige Untersuchungen ergaben sowohl positive als auch negative Effekte für den Boden. Daher wurde in der aktuellen Studie die Hypothese aufgestellt, dass, ob positive oder negative Effekte des OMW im Boden überwiegen, von den Bedingungen im Boden vor und nach der Ausbringung des OMW abhängt. Für eine nachhaltige und sichere Entsorgung von OMW bei gleichzeitiger Erhaltung der Bodenqualität ist außerdem ein besseres Verständnis der Mechanismen der Wechselwirkungen zwischen OMW und Boden unverzichtbar.

In einem 24 monatigen Feldexperiment in einem Olivenhain in Palästina wurde OMW in einer Einzeldosis von 14 L m⁻² unter vier verschiedenen Umweltbedingungen im Winter, im Frühling, und im Sommer mit und ohne Bewässerung, auf den Boden ausgebracht. In der vorliegenden Arbeit wurde so der Einfluss von jahreszeitlichen Bedingungen auf die kurz- und langfristigen Wechselwirkungen zwischen OMW und Boden untersucht. Sowohl das Ausmaß als auch die Persistenz von Bodenversalzung, Bodenversauerung, die Anreicherung phenolischer Verbindungen und die Entwicklung von wasserabweisenden Eigenschaften wurden in Abhängigkeit von der Bodentiefe und von der Zeit nach der Abwasserausbringung bestimmt. Darüber hinaus wurden die Effekte des OMW auf die Qualität und Quantität der organischen Bodensubstanz (SOM), den gesamten organischen Kohlenstoff (SOC), den löslichen organischen Kohlenstoffs (DOC), sowie die spezifische UV-Absorption (SUVA₂₅₄) für alle jahreszeitlichen Bedingungen untersucht, um das Ausmaß an Abbau oder Anreicherung von OMW, und damit dessen Persistenz im Boden zu bewerten.

Die Ergebnisse der aktuellen Studie zeigen, dass das Ausmaß und die Persistenz der relevanten Effekte auf den Boden sich sowohl kurz- als auch langfristig deutlich zwischen den verschiedenen jahreszeitlichen Abwasserausbringungen unterscheiden. Die negativen Auswirkungen der potentiell gefährlichen OMW Rückstände im Boden hängen stark von den vorherrschenden Transport- und Transformationsmechanismen ab, die, gesteuert durch die Bodenfeuchte und –temperatur während und nach der Ausbringung, diese entweder verstärken oder verringern. Mit zunehmender Aufenthaltszeit des Abwassers unter günstigen Bedingungen für eine biologische Aktivität treten weniger negative Effekte auf. Moderate Bodenfeuchte und –temperatur ermöglichen einen relevanten biologischen Abbau, während längere Kontaktzeiten unter heißen und trockenen Bedingungen dazu führen, dass sich abwasserbürtige organische Substanzen anreichern und durch Polymerisation in schwerer abbaubare Fraktionen umgewandelt werden. Die starken Niederschläge im Winter vermindern zwar die negativen Auswirkungen von Olivenölmühlenabwasser im Boden, was jedoch höchstwahrscheinlich zu Lasten eines erhöhten Risikos von Grundwasserkontamination durch nicht abgebaute abwasserbürtige Substanzen geht.

Publikationen

Tamimi, N., Diehl, D., Njoum, M., Marei Sawalha, A. & Schaumann, G.E. 2016. Effects of olive mill wastewater disposal on soil: Interaction mechanisms during different seasons. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, **64**, 176-195. <http://dx.doi.org/10.1515/johh-2016-0017>

Tamimi, N., Schaumann, G.E. & Diehl, D. 2016. The fate of organic matter brought into soil by olive mill wastewater application at different seasons. *Journal of Soils and Sediments*, 1-16. <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-016-1584-1>

In addition, N. Tamimi contributed with her field study to the following publications:

Keren, Y., Borisover, M., Schaumann, G.E., Diehl, D., Tamimi, N. & Bukhanovsky, N. 2017. Land disposal of olive mill wastewater enhances ability of soil to sorb diuron: Temporal persistence, and the effects of soil depth and application season. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **236**, 43-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.013>

Kurtz, M.P., Tamimi, N., Buchmann, C., Steinmetz, Z., Keren, Y., Peikert, B., Borisover, M., Diehl, D., Marei, A., Shoqeir Hasan, J., Zipori, I., Dag, A. & Schaumann, G.E. 2016. Soil based wastewater treatment – Effective utilization of olive mill wastewater. *WaterSolutions*, 82-86.