

SUMMARY

Phytoremediation potential of *Ceratophyllum demersum*, *Egeria densa* and *Hydrilla verticillata* from Lake Amatitlán, Guatemala were evaluated when exposed to cell free crude extracts (CE) with $104.4 \pm 7.6 \mu\text{g/L}$ total microcystins (MCs) as candidates for the “Green Liver System®”. Uptake, bioaccumulation, theoretical biotransformation of MCs, biochemical and physiological responses were sampled after 1, 4, 8 hours and 1, 3, 7 and 14 days. No presence of MCs after 14 days in exposure media from *H. verticillata*, 0.7 ± 0.3 and $3.1 \pm 1.0 \mu\text{g/L}$ total MC in *E. densa* and *C. demersum*, were quantified respectively. Low bioaccumulation of MCs displayed 2, 11 and 32% from initial MCs with theoretical MC biotransformation of 72, 53 and 45%, in CE exposed *H. verticillata*, *C. demersum* and *E. densa*, respectively. In all macrophytes immediate antioxidative defense and biotransformation activities measurable at biochemical (glutathione-S transferase-GST, glutathione reductase-GR, guajacol peroxidase-POD, catalase-CAT, carotenoid, glutathione-GSH and glutathione disulfide-GSSG concentrations) and physiological (photosynthetic pigment concentrations) levels were detected. Lake water ($90 \mu\text{g/L}$ total MCs), cyanobacterial biomass ($1931 \mu\text{g/L}$ total MCs: MC-LR, -RR and -YR), macrophytes (*Typha* sp., *Polygonium portoricensis*, *H. verticillata* and *Eichhornia crassipes*) and agricultural products (*Solanum lycopersicum* and *Capsicum annuum*) irrigated with lake water showed high MC bioaccumulation ($16915 \mu\text{g/Kg}$ dry weight total MC). It is concluded that cyanobacterial blooms from Lake Amatitlán, pose a threat to human health, yet the three evaluated macrophytes can take MC up, bioaccumulate and biotransform them aided by the activation of GST, GSH and GSSG, thus serve as good phytoremediators of MC.

ZUSAMMENFASSUNG

Als Kandidaten für das "Green Liver System®" wurden die Phytoremediationspotentiale von *Ceratophyllum demersum*, *Egeria densa* und *Hydrilla verticillata* im Amatitlán-See in Guatemala getestet, und mit zellfreiem Rohextrakt (CE) mit $104,4 \pm 7,6$ µg/L Microcystine (MCs) ausgesetzt wurden. Die Bioakkumulation (BA), die theoretische Biotransformation (BT) von MCs und biochemische sowie physikalische Antworten wurden nach 1, 4, 8 Stunden und 1, 3, 7, 14 Tagen getestet. Es konnte keine Anwesenheit von MCs in den untersuchten Medien von *H. verticillata* mit nur $0,7 \pm 0,3$ µg/L bzw. $3,1 \pm 1,0$ µg/L in *E. densa* und *C. demersum* Medien quantifiziert werden. Die niedrige MC-BA zeigte 2, 11 und 32% von anfänglichen MCs mit theoretischer MC-BT von 72, 53 und 45 %, ausgesetzt in CE-Medien mit jeweils *H. verticillata*, *C. demersum* bzw. *E. densa*. In allen Makrophyten konnten antioxidative Verteidigungs- und BT-Aktivitäten festgestellt werden, detektiert durch Messungen von biochemischen (Glutathion-S-Transferase, Glutathionreduktase, Guajacolperoxidase, Katalase, Carotinoid, Glutathion-GSH und Glutathion-Disulfid-GSSG-Konzentrationen) und physiologischen (photosynthetische Pigmentkonzentrationen) Parametern. Seewasser (90 µg/L total MCs), cyanobakterielle Biomasse (1931 µg/L MCs: MC-LR, -RR und -YR), Makrophyten (*Typha sp.*, *Polygonium portoricensis*, *H. verticillata* und *E. crassipes*) und landwirtschaftliche Produkte (*S. lycopersicum* und *C. annuum*) die mit Seewasser bewässert wurden, zeigten eine hohe MC-BA (16915 µg/kg Trockengewicht total MC). Cyanobakterielle Blüten vom Amatitlán-See sind eine Bedrohung für die Gesundheit der Menschen, nichtsdestotrotz die drei ausgewerteten Makrophyten können MCs aufnehmen, BA, theoretisch BT und eignen sich als gute Phytoremediatoren von MCs.