

# Ecology and Development Series No. 93, 2015

Editor-in-Chief:  
Paul L.G. Vlek

Editors:  
Manfred Denich  
Christopher Martius  
Ahmad Manschadi  
Janos Bogardi

Tilman Schachtsiek

Exploring the potential of multipurpose tree species for  
revegetating abandoned cropping sites in the lower  
Amu Darya Basin

## ABSTRACT

The land degradation due to soil salinization that results from elevated groundwater table (GWT) is common in intensively irrigated and poorly drained cropping areas in the lower Amu Darya Basin. Given the decreasing availability of fresh water for soil reclamation via salt leaching, farmers in the region tend to abandon highly salinized areas from cropping. To assess the potential of afforestation to rehabilitate the abandoned croplands, six tree species were examined through field experiments during 2010 and 2011 at two sites. The main focus was on species' survival, provision of ecosystem services (biomass production, replenishment of carbon (C) and nitrogen (N) soil stocks), as well as on the dynamics of soil salts and water. The empirical data were used to parameterize the field-scale, process-based model EPIC (Environmental Policy Integrated Climate model), which was subsequently used to simulate biomass growth and salt and water dynamics in tree plantations under shallow GWT conditions.

Both sites initially showed soil nutrient deficiency, high soil salinity ( $10 - 12 \text{ dS m}^{-1}$ ) and moderately saline groundwater ( $2-5 \text{ dS m}^{-1}$ ), but differed in texture (silty loam: G'oybu; loamy sand: Beruniy) and GWT depth. The latter fluctuated between 0.6 and  $>2.8 \text{ m}$  in G'oybu and between 0.2 and 1.4 m in Beruniy. The tree plantations received deficit irrigation of  $154 \text{ mm yr}^{-1}$ . A survival analysis revealed differential response of tree species to plant-available water and salt content in the root zone. Afforesting abandoned croplands was most feasible with *Elaeagnus angustifolia* L., *Ulmus pumila* L., *Morus alba* L., and *Populus nivea x tremula* L. given their survival rates of 75 - 91% on both sites after two years. The major species of the native floodplain forest, *P. euphratica* Oliv. and *Salix nigra* Marsh., exhibited survival rates  $<19\%$  and were therefore evaluated as not suitable for afforestation of the abandoned cropland. Overall,  $\text{N}_2$ -fixing *E. angustifolia* was assessed as most promising among all species tested since it combined highest survival rates with largest aboveground biomass increments (up to  $904 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ). Its  $\text{N}_2$ -fixation efficiency was estimated at 70 - 74% ( $12 - 22 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) with the  $^{15}\text{N}$  natural abundance and the total N-difference method.

The afforestation impact on soil total N, C, and SOC was modest due to high inter-annual variability in soil characteristics, short observation period and modest addition of organic matter by young trees. Subtle but statistically significant increases in SOC stocks in the heavier textured soil in plots with higher biomass yielding species are first positive indications for future trends in soil C status. The decline in soil salinity that occurred in both afforestation sites and the reference cropland fields were associated with the fluctuating GWT rather than the impact of afforestation.

The EPIC model showed promise for simulating the processes in *P. nivea x tremula* plantation under deeper GWT conditions, given the percent bias ranging between -2.6 and 5.5%. The calibration results remain to be validated with independent datasets. The present findings revealed a limited capability of EPIC for the site with shallow, fluctuating GWT, requiring that the latter is accounted in the model on the daily basis. Furthermore, considering plant survival and aboveground biomass partitioning would enhance the capability of EPIC for application in forestry studies.

The overall assessment of tree species potential for revegetating long-term abandoned croplands showed that the land's productive capacity can be increased with selected species as opposed to a natural succession. However, afforestation remains associated with risks unless the availability of irrigation water during the initial establishment stage is warranted.

# Das Potenzial von Mehrzweckbaumarten für die Rekultivierung von aufgegebenen Ackerflächen im unteren Amu Darya Becken

## KURZFASSUNG

Im bewässerten Flachland des Amu Darya Beckens (ADB) verursachen hohe, saline Grundwasserspiegel (GWS) sekundäre Bodenversalzung, was die Produktivität des Ackerlandes mindert. Da die Verfügbarkeit von Frischwasser zur Salzauswaschung ständig abnimmt, geben Bauern regelmäßig stark versalzene Parzellen auf. Diese aufgegebenen, versalzene Parzellen können allerdings wieder nutzbar gemacht werden, indem sie in Baumplantagen aus salztoleranten Arten umgewandelt werden. Um ihre Eignung zur Rekultivierung von aufgegebenem Ackerland zu testen, wurden sechs Baumarten zwischen 2010 und 2011 in Feldversuchen auf zwei Versuchsflächen, G'oybu und Beruniy, getestet. Der Schwerpunkt der Untersuchung wurde auf die Überlebensraten der Baumarten und die Erbringung von Agro-Ökosystemdienstleistungen der Baumplantagen gelegt. Hierbei wurden sowohl die Produktion von Biomasse und die Anreicherung von Kohlenstoff- (C) und Stickstoffspeichern (N) im Boden–als auch Salzdynamiken erforscht. Mit den erhobenen Felddaten parameterisierte man das prozessbasierte, auf Feldebene arbeitende Modell "Environmental Policy Integrated Climate model (EPIC)". Dies wurde anschließend eingesetzt, um Salz- und Wasserdynamiken in den Baumplantagen mit niedrigem GWS zu simulieren.

Beide Versuchsflächen zeichneten sich durch Nährstoffmangel, hohe Bodensalinität ( $10\text{-}12\text{ dS m}^{-1}$ ) und moderat salines Grundwasser ( $2\text{ - }5\text{ dS m}^{-1}$ ) aus, unterschieden sich aber in Textur (schluffiger Lehm: G'oybu; lehmiger Sand: Beruniy) und der Tiefe des Grundwassers. Letztere schwankte zwischen  $0.6$  und  $>2.8$  m in G'oybu und zwischen  $0.2$  und  $1.4$  m in Beruniy. In wieweit pflanzenverfügbares Wasser und Bodensalinität in der Wurzelzone die Überlebensraten der unterschiedlichen Baumarten beeinflusst, wurde unter Defizitbewässerung von  $154\text{ mm yr}^{-1}$  im Rahmen einer Survival-Analyse getestet. Die Analyse zeigte gravierende artenabhängige Unterschiede in der Toleranz gegen Salzstress. Somit erwies sich das Aufforsten von aufgegebenem Ackerland als durchführbar mit dem Baumarten *Elaeagnus angustifolia* L., *Ulmus pumila* L., *Morus alba* L., und *Populus nivea x tremula* L., die nach zwei Jahren auf beiden Versuchsflächen Überlebensraten von  $75\text{ - }91\%$  aufwiesen. Die typischen Arten der nativen Auenwälder, *Populus euphratica* Oliv. und *Salix nigra* Marsh., zeigten dagegen Überlebensraten von  $<19\%$  und wurden deshalb unter den vorliegenden Gegebenheiten als nicht für die Aufforstung geeignet eingestuft. Insgesamt wurde unter allen untersuchten Arten der N-Fixierer *E. angustifolia* als vielversprechender Kandidat für die Aufforstung eingestuft, da hier sowohl die höchsten Überlebensraten als auch die größten überirdischen Biomassezuwächse (bis zu  $904\text{ kg ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ ) gemessen wurden. Die Effizienz der N-Fixierung wurde mit der  $^{15}\text{N}$  natürliche Abundanz Methode und der Stickstoff Differenzmethode auf  $70\text{ - }74\%$  ( $12\text{ - }22\text{ kg N ha}^{-1}\text{ yr}^{-1}$ ) geschätzt. In Beruniy wurde nach zwei Jahren ein signifikanter Rückgang von organischem Boden C, gesamt N und Salinität sowohl in den Aufforstungs- als auch in den Referenzplots beobachtet. Folglich konnte zwei Jahre nach Aufforstung kein signifikanter Einfluss der Bäume auf die Bodeneigenschaften bestätigt werden, obwohl dies in anderen Zusammenhängen häufig beobachtet worden ist. Es wird allerdings angenommen, dass solche Einflüsse möglicherweise durch den schwankenden GWS überschattet wurden, welcher die beobachteten Jahresschwankungen in den Bodeneigenschaften verursachte.

Das Modell EPIC war bezüglich seiner Nutzung im ADB teilweise vielversprechend, da die Percent Bias der Simulationen zwischen  $-2.6$  und  $5.5\%$  lagen. Die Ergebnisse lassen aller-

dings auf eine begrenzte Anwendbarkeit des Modells auf Standorte mit niedrigem GWS schließen, da EPIC die gemessenen Grundwasserschwankungen nicht simulieren konnte.

Die Baumeignungsbewertung für die Aufforstung von langfristig aufgegebenem Ackerland zeigte, dass die Produktivität des Landes gemessen an einer natürlichen Rekultivierung gesteigert werden kann. Die Menge der durch die Baumplantagen geleisteten Agro-Ökosystemdienstleistungen hängt signifikant von der verwendeten Baumart ab. Da während der Etablierungsphase der Bäume die Verfügbarkeit von Bewässerungswasser garantiert sein muss, bleibt die Aufforstung riskant. Um empirische Ergebnisse zu extrapolieren und somit Baumwachstum auf aufgegebenem Ackerland besser voraussagen zu können, sind erhebliche Änderungen in der Grundwasserkomponente von EPIC notwendig. Eine Möglichkeit wäre, Grundwasserinformationen in den Daily Weather File zu integrieren, was eine Angleichung des schwankenden GWS ermöglichen würde. Eine Kalibrierung und Validierung der Crop-Komponente für die getesteten Arten erfordert weitere Feldversuche, die besonders auf die Bestimmung artenabhängiger Pflanzenparameter ausgerichtet sind, wie dem Energy to Biomass Ratio.