

Sektion 7: Klimawandel und Neophyten

Section 7: Climate change and neophytes

Untersuchungen zu Auflauf und Etablierung von *Iva xanthiifolia* Nutt. unter veränderten Umweltbedingungen in Norddeutschland

*Study on emergence and early establishment of *Iva xanthiifolia* Nutt. under changing climatic conditions in Northern Germany*

Barbara Edler* & Horst-Henning Steinmann

Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Grisebachstr. 6, D-37077 Göttingen

*Korrespondierender Autor: barbara.edler@agr.uni-goettingen.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.075

Zusammenfassung

Der Klimawandel und die damit verbundenen Umweltveränderungen können zu einer Verschiebung und einem Wandel der heimischen Unkrautflora führen. Unkräuter, die aktuell nur auf Ruderalstandorten oder in geringen Abundanzen vorkommen, erfahren durch klimabedingte Modifikationen die Gelegenheit zur Ausbreitung. Das Spitzkletten-Schlagkraut (*Iva xanthiifolia*), bis jetzt nur an zwei Standorten in Niedersachsen bekannt, wurde in der vorliegenden Arbeit als Modellunkraut gewählt. Anhand von Gewächshausversuchen über die Manipulation von Temperatur- und Feuchtebedingungen in vier unterschiedlichen Bodensubstraten, die repräsentativ für die Bodenklimaregionen in Norddeutschland stehen, wurde die fundamentale Nische dieser Art analysiert. Dabei wurden die Keimung, wie auch Pflanzenmerkmale in den ersten sechs Wachstumswochen untersucht. Sowohl in der Keimphase, wie auch bei der Biomasseentwicklung und in der Wurzelbildung reagierte die Pflanze negativ auf eine Erhöhung der Temperatur um 4 °C. In der Keimphase führte ein geringeres Wasserangebot im lehm-, sand- und tonhaltigen Bodensubstrat zu einer Reduktion der Keimrate. Trockenheit hatte zugleich eine negative Auswirkung auf die Biomasseentwicklung im Lehmsubstrat, begünstigte aber die Wurzelbildung im torf- und sandhaltigen Boden. Daraus schließen wir, dass *Iva xanthiifolia* unter veränderten klimatischen Faktoren in Norddeutschland vermutlich ungünstige Bedingungen für eine Etablierung vorfindet. Kommt es aus anthropogenen Gründen z.B. Saatgutverunreinigungen zu einem verstärkten Einbringen in das Agrarökosystem ist eine Ausbreitung in stark humosen Böden am wahrscheinlichsten.

Stichwörter: Fundamentale Nische, Keimung, Klimawandel, Spitzkletten-Schlagkraut

Summary

Climatic change affects many above- and belowground ecosystems, and might lead to a shift in the native weed flora. Weeds, which are current only present on the ruderal site or in less abundances, could expand their ranges to through climatic modifications. Here, we investigate the effect of alteration of temperature and water content in four soil substrates (prestigious for soil-climate areas in Northern Germany) on the fundamental niche of *Iva xanthiifolia*. *Iva xanthiifolia*, also known as marsh-elder, was recently observed at two locations in Lower Saxony. The fundamental niche of this species was determined by investigating the germination behavior and some meaningful plant traits in the establishment stage of the plant. A temperature increase of 4 °C had a negative effect on the germination rate, as well as on biomass accumulation and root elongation. During the germination phase, a negative influence on plants in loam, sand and clay under water reduction was given. However, less water also reduced the total biomass on loamy grown plants, but was beneficial for root development in sandy and peaty habitats. Therefore, we conclude that under changing climatic conditions a possible establishment of *Iva xanthiifolia* in Northern Germany is hampered. Nevertheless, if due to anthropogenic reasons, e.g. import of contaminated seeds into the agroecosystem, an establishment in humus rich soils will be most likely.

Keywords: Climate change, fundamental niche, germination, *Iva xanthiifolia*

1. Einleitung

Eine bedeutende Anzahl an Studien belegt die Auswirkung des globalen Wandels auf die Phänologie der Pflanze und deren Verbreitung in Raum und Zeit (WALTHER, 2010). Die Ausbreitung von Pflanzenarten wird durch die Toleranz gegenüber ökologischen Faktoren, den Konkurrenzbeziehungen zueinander, sowie anthropogenen Einflüssen bestimmt (GRIME, 2007; ELLENBERG et al., 2010). Kommt es zu einer Verschiebung der ökologischen Gegebenheiten (Veränderung des Nischenraums), bestehen unterschiedliche Optionen einer Art auf die neu geschaffene Umweltsituation zu reagieren. Eine genetische Adaption, welche eine längere Zeitspanne benötigt, wie auch eine Verschiebung des Vorkommensbereiches bzw. ein Aussterben sind möglich (METZING und GERLACH, 2008).

Der Nischenraum einer Art setzt sich aus n-möglichen Umweltfaktoren wie u.a. Temperatur, Nährstoffen und Bodenfeuchte zusammen. Eine fundamentale Nische bezeichnet den belegten Teil des Nischenraums, in dem eine Art alleine aufgrund ihrer ökologischen Potenz und der damit einhergehenden Anpassungsfähigkeit existieren kann (HOLT, 2009; SOBERÓN und NAKAMURA, 2009).

Indem die Keimung und Pflanzenentwicklung auf den genannten Umweltfaktoren beruhen, scheint der Boden in diesem komplexen Beziehungsgefüge eine zentrale Rolle einzunehmen. Dieser dient als Wurzelraum und ist für das Mikroklima oder aber auch für die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen verantwortlich. Eine Veränderung der klimatischen Bedingungen hätte somit auch einen Wandel der Bodenbeschaffenheit und -prozesse und schlussendlich Auswirkungen auf die Flora zur Folge (NORDMEYER und HÄUSLER, 2004). Eine Erhöhung der Temperatur, Hand in Hand gehend mit einem Wechsel der Bodenfeuchte, würde zu einer Vielzahl an Boden- und Pflanzenreaktionen führen (VAN GRUNSVEN et al., 2010).

Der Keimphase wird in dieser Studie ein besonderer Stellenwert eingeräumt, da aus dem Keimverhalten Rückschlüsse auf Reproduktionsvermögen, Biomasseentwicklung u.a. gezogen werden können (DONOHUE et al., 2010). Diese Merkmale sind für eine Etablierung und Ausbreitung mitverantwortlich.

Das Spitzkletten-Schlagkraut [(*Iva xanthiifolia* Nutt.) syn. *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.)] ist eine aus Nordamerika stammende Pflanze, welche in Europa vielfach adventiv und vor allem in den östlich-europäischen Ländern (Südrussland, Ukraine u.a.) seit längerer Zeit eingebürgert ist (HEGI, 1979). Das Vorkommensgebiet erstreckt sich von den kontinental geprägten, sommerwarmen Regionen der Pannonischen Tiefebene bis hin zu den Steppenzonen des westlichen Urals (JÄGER, 1995). Bis jetzt wurde *Iva xanthiifolia* erst an zwei Standorten in Niedersachsen kartiert (GARVE, 2007; FLORAWEB, 2011). In den vergangenen Jahren konnte eine massive Ausbreitung in Ungarn (HODI und TORMA, 2002) beobachtet werden, welche auf eine mögliche Wanderungstendenz dieser Art in Europa hinweist. Ein verstärktes Auftreten von *Iva xanthiifolia* kann sich negativ auf den Ertrag von Sommerungen auswirken (WEBER und GUT, 2005) aber auch allergene Reaktionen hervorrufen (HODISAN, 2009). Aus diesem Grund, beschäftigten wir uns damit, die fundamentale Nische dieser Art während der Keimung und der Entwicklung auszuloten, um eine Aussage über eine mögliche Etablierung und Ausbreitung in Norddeutschland im Zuge des Klimawandels zu treffen.

2. Material und Methoden

2.1 Die Biologie von *Iva xanthiifolia*

Iva xanthiifolia zählt zur Familie der *Asteraceae*. Die sommerannuelle Art erreicht eine Höhe von 50 bis 200 cm (FOLLACK, 2009). Der untere Stängel der Pflanze ist kahl, der im Bereich des Köpfchenstandes zottig behaart. Die gegenständigen Laubblätter sind länglich eiförmig bis fast herzförmig spitz und mehr oder weniger deutlich dreinervig, sowie gezahnt. Die Größe der Blätter ist variabel und kann von 2 bis 20 cm reichen (HEGI, 1979). Die grünelbe Blüte erfolgt vom August bis September und ist windblütig. Die Pflanze verbreitet sich über Samen, welche unter günstigen Bedingungen in einer Anzahl von 20.000 (FOLLACK, 2009), 80.000 (HEGI, 1979) bis zu 120.000 (HODI und TORMA, 2002) Stück gebildet werden können. Die Samen können im Boden ca. 8 Jahre lang keimfähig bleiben (FOLLACK,

2009) und eine Keimfähigkeit von 33-48 % besitzen (HEGI, 1979). Das *Iva xanthiifolia* besiedelt in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet meist Ödland, Ruderalstellen und landwirtschaftliche Flächen; in trockenen Gebieten kommt es auch entlang von Flussläufen vor (FOLLAK, 2009). Es bevorzugt mäßig frische, nährstoffreiche, humose, lockere bis schwach verdichtete sandige oder steinige Böden und ist sommerwärmeliebend. Die Einschleppung erfolgte ursprünglich mit Getreidetransporten aus Nordamerika, neuerdings auch aus der Ukraine. *Iva xanthiifolia* gilt in warmen Gebieten Mitteleuropas als einbürgert (HEGI, 1979).

2.2 Gewächshausversuch

Das Gewächshausexperiment wurde in den Jahren 2010 und 2011 als ein komplett randomisiertes Split-Split-Split-Plot-Design durchgeführt. Im Sommer 2010 und im Frühjahr 2011 wurden insgesamt 64 Pflanztöpfe (zu je 3 l Volumen) mit vier unterschiedlichen Mischsubstraten bestehend aus Sand, Ton, Torf und Lehm gefüllt und darin Unkrautsamen der Arten *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium* und *Iva xanthiifolia* zusammen mit Mais in einer Mischsaat ausgebracht. Das Saatgut stellte der neue Botanische Garten der Universität Göttingen zur Verfügung. Die Lagerung dieses erfolgte bei einer konstanten Temperatur von 6 °C im Dunklen. Die Hälfte der Gefäße wurde in ein beheizbares Beet überführt, die andere im Gewächshaus offen aufgestellt, sodass ein durchschnittlicher Temperaturunterschied von ca. 4 °C zwischen den beiden Varianten Kalt (offenes Gewächshaus) und Warm (beheizbares Beet) entstand. Des Weiteren wurde ein unterschiedliches Bewässerungsregime etabliert. Je nach Bodenart und Temperatur wurde die Hälfte der Töpfe ideal mit Wasser versorgt (Variante Feucht) und auf einen pF-Wert von 1,8 mit Hilfe der Wiegemethode bewässert, die andere Hälfte (Variante Trocken) zwischen pF 2,5 und 3 gegossen. Folglich haben jeweils vier Töpfe das gleiche Umweltregime erfahren. Insgesamt entstanden 16 verschiedene Kombinationen, in welchen die Keimung der Samen und die weitere Entwicklung für sechs Wochen gemessen wurden. Die Pflanzenanzahl wurde in den ersten 15 Tagen täglich bonitiert, in den folgenden Wochen an jedem vierten Tag. Die Bewässerung erfolgte an jedem dritten Tag. Nach sechs Wochen wurde die ganze Pflanze geerntet und deren Wurzeln ausgewaschen. Oberirdische Biomasse und die Wurzelmasse wurden bei 70 °C für 48 Stunden getrocknet. Wurzeln und Blätter wurden eingescannt, um die Wurzellänge und Blattflächenindex mit Hilfe der Software WinRhizo zu ermitteln. Insgesamt wurden 1536 *Iva xanthiifolia*-Samen zur Keimung gebracht (12 Samen je Topf x 4 räumliche Wiederholungen x 4 Bodensubstrate x 2 Temperaturstufen x 2 Bewässerungsstufen x 2 zeitliche Wiederholungen). Nach einer Ausdünnung auf eine Dichte von je 5 Pflanzen pro Art und Topf, wurden 512 Pflanzen geerntet.

2.3 Datenanalyse

Für die Berechnung der Keimrate wurde ein generalisiertes lineares Modell (glm) angewandt. Da die Daten der Keimung einer Poissonverteilung entstammen, ist dies in der Berechnung berücksichtigt worden. Die Pflanzmerkmale wurden mit einem linearen gemischten Modell (lme) analysiert und die Daten zuvor log-transformiert. Die Temperatur, wie auch die zeitliche und räumliche Wiederholung sind als Zufallseffekte im Modell angenommen worden, um das Versuchsdesign entsprechend zu kodieren. Normalität und Homogenität der Varianzen wurden optisch über die Inspektion der Residuen überprüft. Zum Schluss wurde bei beiden Modellen ein Post-hoc Vergleich der einzelnen Faktorkombinationen angewandt. Dabei wurde ein Bonferroni-korrigierter paarweiser t-Test und ein multipler Vergleich auf geringste signifikante Differenz angewandt. Die statistischen Auswertung erfolgte mit der Open Source-Software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

3. Ergebnisse

3.1 Keimung von *Iva xanthiifolia*

Die Analyse der Keimung (Abb. 1) mit einem generalisierten linearen Modell für die Abschlussbonitur zeigte, dass *Iva xanthiifolia* unter kalten Bedingungen höchst signifikant besser keimte ($R^2 = 0,83$, $p = 0,006$), als unter warmen Bedingungen. Die unterschiedlichen Bewässerungen und Bodensubstrate hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Keimrate im Gesamtmodell.

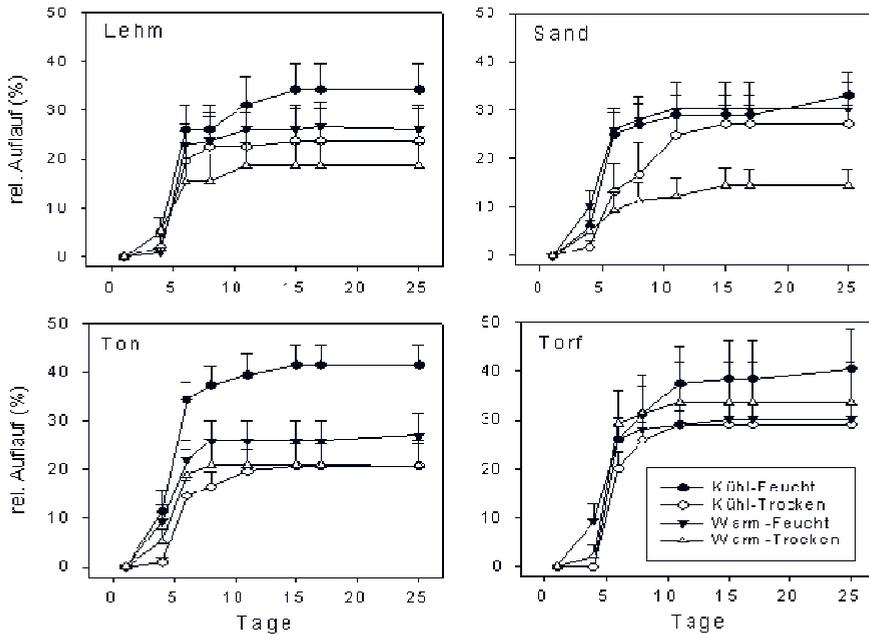


Abb. 1 Keimung von *Iva xanthiifolia* unter verschiedenen Umweltbedingungen (+1 SE).

Fig. 1 Germination of *Iva xanthiifolia* under different environmental conditions (+1 SE).

Die berechneten durchschnittlichen kumulativen Keimraten von *Iva xanthiifolia* unter den 16 Umweltbedingungen und die Ergebnisse der multiplen Vergleiche auf signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen je Bodensubstrat sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Tabelle stellt die paarweisen Vergleiche eines jeden einzelnen Bodensubstrates (links) zu den jeweiligen Temperatur/Feuchtekombinationen (Spalten) dieses Bodens dar. Die Unterschiede zwischen den jeweiligen Böden wurden in der Tabelle nicht abgebildet. Im Vergleich der einzelnen Behandlungen in den Bodensubstraten untereinander konnte festgestellt werden, dass die Keimung in den Ton-, Sand- und Lösssubstraten bei wärmerer Temperatur und geringerer Bewässerung signifikant schlechter erfolgte, als in den kälteren und gut bewässerten Varianten.

Tab. 1 Paarweise Vergleiche der einzelnen Behandlungen je Bodensubstrat zur Keimung von *Iva xanthiifolia* und deren kumulative Keimrate (n = 1536; 2010/11).

Tab. 1 Cumulative germination rate and pairwise comparison of germination per treatment under different soil conditions (n = 1536; 2010/11).

Boden- substrat	Faktorkombinationen					Ø gekeimt [%] (± RSE)
	Kalt-Feucht	Kalt-Trocken	Warm-Feucht	Warm-Trocken		
Torf	Kalt-Feucht	-	n.s.	n.s.	n.s.	40,5 ± 8,23
	Kalt-Trocken	n.s.	-	n.s.	n.s.	29,1 ± 3,80
	Warm-Feucht	n.s.	n.s.	-	n.s.	30,2 ± 3,13
	Warm-Trocken	n.s.	n.s.	n.s.	-	33,5 ± 8,32
Ton	Kalt-Feucht	-	**	n.s.	**	41,5 ± 4,17
	Kalt-Trocken	**	-	n.s.	n.s.	20,7 ± 4,51
	Warm-Feucht	n.s.	n.s.	-	n.s.	27,1 ± 4,40
	Warm-Trocken	**	n.s.	n.s.	-	20,8 ± 5,44
Sand	Kalt-Feucht	-	n.s.	n.s.	**	33,2 ± 4,51
	Kalt-Trocken	n.s.	-	n.s.	n.s.	27,2 ± 4,05
	Warm-Feucht	n.s.	n.s.	-	*	30,3 ± 5,47
	Warm-Trocken	**	n.s.	*	-	14,6 ± 3,08
Lehm	Kalt-Feucht	-	n.s.	n.s.	*	34,3 ± 5,04
	Kalt-Trocken	n.s.	-	n.s.	n.s.	23,8 ± 6,40
	Warm-Feucht	n.s.	n.s.	-	n.s.	26,1 ± 5,08
	Warm-Trocken	*	n.s.	n.s.	-	18,7 ± 4,94

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$; nicht signifikant (n.s.) $P > 0.05$; RSE = relativer Standardfehler

3.2 Biomasseentwicklung und Wurzellänge von *Iva xanthiifolia*

Die Auswertung der Pflanzenmerkmale, Trockenbiomasse und Wurzellänge mit einem gemischten Modell ergab, dass sich Pflanzen in den warmen Varianten signifikant von denen der kälteren Varianten, sowohl bei der Biomasseentwicklung als auch bei der Wurzellängenausbildung, unterscheiden (Tab. 2). Pflanzen in der warmen Variante waren bei guter Wasserversorgung um 37-80 % kleiner und bei Trockenheit um bis zu 49 % im Wachstum reduziert. Die Wurzelentwicklung war in der warmen Behandlung bei schlechter Wasserversorgung um bis zu 87 % verringert. Signifikant negativ wirkte sich eine geringere Wasserverfügbarkeit auf die Biomasseentwicklung aus (Abb. 2). Das Wurzelwachstum wurde dadurch nicht beeinflusst. Einen signifikanten Einfluss auf das Wurzelwachstum hatten die Bodensubstrate Torf und Sand, in welchen längere Wurzeln ausgebildet wurden. Außerdem ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen zeitlichen Wiederholungen des Versuches. Bei getrennter Auswertung der Versuchsjahre konnte aber festgestellt werden, dass die entstanden Muster in den Versuchsjahren der gleichen Richtung folgten.

Tab. 2 Ergebnisse des gemischten Modells für die Pflanzenbiomasse und Wurzellänge (n = 512).

Tab. 2 Results of the mixed-effects model for dry plant biomass and root length (n = 512).

Faktor	Pflanzenbiomasse				Wurzellänge			
	df	Std. Fehler	t-Wert	p	df	Std. Fehler	t-Wert	p
Temp. Kalt	271	0,1207	-19,196	***	278	0,0958	18,879	***
Temp. Warm	6	0,2001	-4,2181	***	7	0,0713	-6,392	***
Boden Lehm	271	0,1374	-2,3333	*	278	0,1025	-1,478	n.s.
Boden Torf	271	0,1348	-1,3313	n.s.	278	0,0969	2,123	*
Boden Sand	271	0,1369	-0,4880	n.s.	278	0,1026	2,390	*
Bewässerung Trocken	271	0,1839	-2,4974	*	278	0,1330	-0,796	n.s.
Jahr Zwei	3	0,1257	4,6051	*	3	0,0916	17,162	***
Bew. Trocken: Jahr Zwei	271	0,2222	1,0730	n.s.	278	0,1559	-1,965	*

* $P < 0.05$, *** $P < 0.001$; nicht signifikant (n.s.) $P > 0.05$

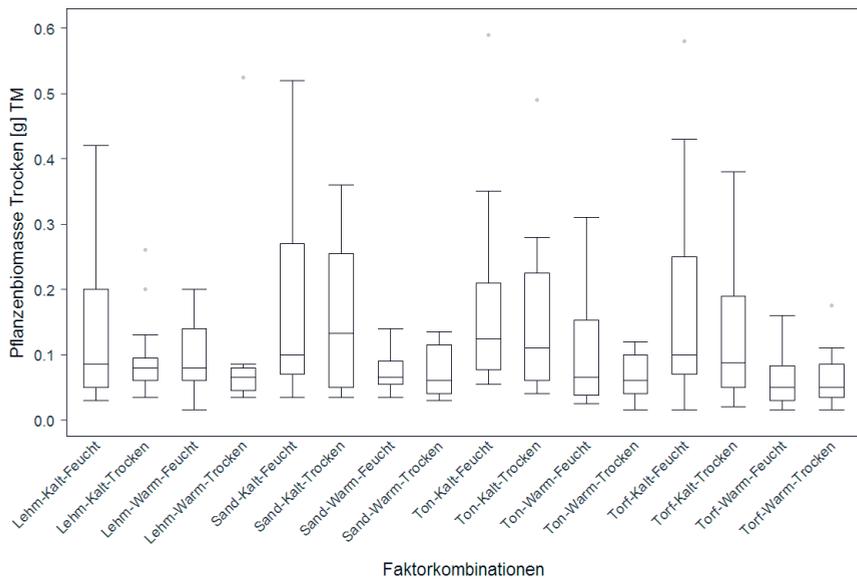


Abb. 2 Gesamte Pflanzenbiomasse [g] TM von *Iva xanthiifolia* unter verschiedenen Umweltbedingungen.

Fig. 2 Total dry plant biomass [g] of *Iva xanthiifolia* under different environmental conditions.

4. Diskussion

Die Temperatur wirkt auf alle Ökosystemprozesse sowohl positiv, wie auch negativ (WALTHER, 2010). In unserer Studie hatte eine Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur um 4 °C negative Auswirkungen auf das Auflaufen, die Biomasseentwicklung und das Wurzelwachstums von *Iva xanthiifolia*. Negativ in unserem Versuch wirkte sich ebenso die Trockenheit auf die Keimung von Pflanzen in lehm-, sand- und tonigen Substraten aus. Der Wassermangel in der Keimphase machte sich bei den im Lehmsubstrat gezogenen Pflanzen auch in der Biomasseentwicklung bemerkbar. Die einzige positive Rückkoppelung stellte ein besseres Wurzelwachstum in sand- und torfhaltigen Substraten dar, was auf eine mögliche Adaption bei diesen Umweltgegebenheiten hinweist.

Diese Arbeit fokussierte sich ausschließlich auf Temperatur und Wasser als Haupteinflusseffekte und ließ u.a. die Länge der Wachstumsperiode, Extremerscheinungen, CO₂ Anreicherungen außer Acht. Diese Faktoren können sich ebenfalls auf die erhobenen Parameter auswirken und müssen bei Studien über den Klimawandel ebenfalls mit diskutiert werden.

Auf Basis der vorliegenden Studie schließen wir aber, dass eine mögliche Erwärmung, gefolgt von einer Wasserverknappung, sich nicht massiv förderlich auf eine Etablierung und Ausbreitung von *Iva xanthiifolia* in Norddeutschland auswirken wird. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch eine Studie in Österreich, die mit Hilfe des ökologisch-mathematischen Modell CLIMEX die potentielle Verbreitung von *Iva xanthiifolia* simulierte und befand, dass Österreich und knapp angrenzende Gebiete bereits außerhalb des potentiellen Verbreitungsgebietes von *Iva xanthiifolia* liegen (FOLLACK, 2009).

Die massenhafte Ausbreitung in Ungarn (HODI und TORMA, 2002) ist somit wahrscheinlicher auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Kommt es z.B. über Saatgutverunreinigungen zu einem verstärkten Einbringen in norddeutsche Agrarlandschaften, ist eine Etablierung in stark humosen Böden unter veränderten klimatischen Bedingungen am wahrscheinlichsten. Weitergehende Auswirkungen müssen zeigen, inwieweit die hier diskutierten Reaktionen im Vergleich mit der Reaktion anderer Unkrautarten zu interpretieren sind.

Danksagung

Die vorliegende Studie wurde unterstützt durch das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur innerhalb des KLIFF Forschungsverbunds (Klimafolgenforschung und Anpassung in Niedersachsen). Des Weiteren danken wir der Abteilung Pedologie des Departments für Nutzpflanzenwissenschaften und der Abteilung Ökopedologie der gemäßigten Zonen des Büsgen-Institutes (beide Georg-August-Universität Göttingen) für die bodenphysikalischen und -chemischen Analysen.

Literatur

- DONOHUE, K., R.R. DE CASAS, L. BURGHARDT, K. KOVACH UND C.G. WILLIS, 2010: GERMINATION, POSTGERMINATION ADAPTATION, AND SPECIES ECOLOGICAL RANGES. THE ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY, EVOLUTION AND SYSTEMATICS **41**, 293-319.
- ELLENBERG, H., C. LEUSCHNER UND H. DIERSCHKE, 2010: VEGETATION MITTELEUROPAS MIT DEN ALPEN. IN ÖKOLOGISCHER, DYNAMISCHER UND HISTORISCHER SICHT. 6TH ED. ULMER, STUTTGART.
- FOLLACK, S., 2009: VORKOMMEN UND POTENZIELLE VERBREITUNG DES RISPENKRAUTS (*IVA XANTHIIFOLIA*) IN ÖSTERREICH. BOTANICA HELVETICA **119**, 7-12.
- FLORAWEB, 2011: DATEN UND INFORMATIONEN ZU WILDPFLANZEN. [HTTP://WWW.FLORAWEB.DE](http://www.floraweb.de).
- GARVE, E., UNTER MITARBEIT VON A. SCHACHERER, E. BRUNS, J. FEDER UND T. TÄUBER, 2007: VERBREITUNGSATLAS DER FARN- UND BLÜTENPFLANZEN IN NIEDERSACHSEN UND BREMEN. - NATURSCHUTZ LANDSCHAFTSPFL. NIEDERSACHS. H. **43**, 507 S.
- GRIME, J.P., 2007: PLANT STRATEGY THEORIES: A COMMENT ON CRAINE (2005). JOURNAL OF ECOLOGY **95**, 227-230.
- HEGI, G., 1979: ILLUSTRIRTE FLORA VON MITTELEUROPA. BAND VI, TEIL 3. PAREY, BERLIN, WEST GERMANY.
- HODI, L. UND M. TORMA, 2002: GERMINATION BIOLOGY OF *IVA XANTHIIFOLIA* NUTT. ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ **SONDERHEFT XVIII**, 219-224.
- HODISAN, N., 2009: RESULTS OF THE RESEARCH ON THE ALLELOPATHIC EFFECT BETWEEN THE NEOPHYTE SPECIES, *IVA XANTHIIFOLIA* NUTT. ("IERBOAIA") AND SOME AGRICULTURAL CROPS. BULLETIN UJASMV AGRICULTURE **66**, 362-369.
- HOLT, R.D., 2009: BRINGING THE HUTCHINSONIAN NICHE INTO THE 21ST CENTURY: ECOLOGY AND EVOLUTIONARY PERSPECTIVES. PNAS **106**, 19659-19665.
- JÄGER, E., 1995: KLIMABEDINGTE AREALVERÄNDERUNGEN VON ANTHROPOCHOREN PFLANZEN UND ELEMENTEN DER NATÜRLICHEN VEGETATION. ANGEWANDTE LANDSCHAFTSÖKOLOGIE **4**, 51-57.
- METZING, D. UND A. GERLACH, 2008: KLIMAWANDEL IM NORDWESTEN: WIE REAGIEREN DIE PFLANZEN? EINBLICKE **48**, CARL VON OSSIETZKY UNIVERSITÄT OLDENBURG.
- NORDMEYER, H. UND A. HÄUSLER, 2004: EINFLUSS VON BODENEIGENSCHAFTEN AUF DIE SEGETALFLORA VON ACKERFLÄCHEN. JOURNAL OF PLANT NUTRITION AND SOIL SCIENCE **167**, 328-336.
- SOBERÓN, J. UND M. NAKAMURA, 2009: NICHEs AND DISTRIBUTIONAL AREAS. CONCEPTS, METHODS, AND ASSUMPTIONS. PNAS **106**, 19644-19650.
- VAN GRUNSVEN, R.H.A., W.H VAN DER PUTTEN, T.M. BEZEMER UND E.M. VEENENDAAL, 2010: PLANT-SOIL FEEDBACK OF NATIVE AND RANGE-EXPANDING PLANT SPECIES IS INSENSITIVE TO TEMPERATURE. OECOLOGIA **162**, 1059-1069.

25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 13.-15. März 2012, Braunschweig

WALTHER, G.-R., 2010: COMMUNITY AND ECOSYSTEM RESPONSES TO RECENT CLIMATE CHANGE. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES **365**, 2019-2024.

WEBER, E. UND D. GUT, 2005: A SURVEY OF WEEDS THAT ARE INCREASINGLY SPREADING IN EUROPE. AGRONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT **25**, 109-121.