Chenopodium album – große morphologische Vielfalt bei Frankfurts Hexaploiden

Lea Kohn, Thomas Gregor, Juraj Paule & Georg Zizka

Zusammenfassung: Hexaploides *Chenopodium album* ist in Frankfurt am Main (Hessen) häufig. Die Pflanzen unterscheiden sich deutlich in Blütezeit, Höhe, Verzweigung, Blattform und Blütenstandsmorphologie, wobei oft morphologisch einheitliche Pflanzen benachbart wachsen. Die Merkmale variieren unabhängig voneinander und es erscheint nicht sinnvoll, morphologische Gruppen taxonomisch zu fassen.

***Chenopodium album* – high morphological diversity among hexaploid plants in Frankfurt**

Summary: Hexaploid *Chenopodium album* is common in Frankfurt/Main (Hesse). Plants differ in blooming time, height, branching pattern, leaf shape and inflorescence morphology. Morphologically similar plants often grow together. Characteristics vary independently of each other and it is inappropriate to recognize them as taxonomic units.

Lea Kohn
Thomas Gregor
Juraj Paule
Georg Zizka

Abteilung Botanik und Molekulare Evolutionsforschung,
Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum
Senckenberganlage 25
60325 Frankfurt am Main;

leakohn@live.de
thomas.gregor@senckenberg.de
juraj.paule@senckenberg.de
georg.zizka@senckenberg.de

1. Einleitung

Die Gliederung der weltweit verbreiteten *Chenopodium-album*-Gruppe stellt Botaniker seit je her vor große Herausforderungen. So unterschieden Ascherson & Graebner (1913) für Mitteleuropa in der Sammelart *C. album*, zu der sie neun Arten rechneten, insbesondere bei *C. album* s. str. eine kaum überblickbare Zahl von Unterarten, Rassen, Varietäten und Subvarietäten. Für die morphologische Differenzierung der Sippen wurden im

vegetativen Bereich überwiegend Blatt- und Verzweigungsmerkmale, im generativen Bereich Blüten- und Samenmerkmale verwendet. Derartige Gliederungen konnten allerdings kaum angewandt werden.

In den letzten Jahrzehnten wurde die Ploidie als wesentliches Gliederungsprinzip der Gruppe erkannt, was großenteils auf Arbeiten von auf Uotila (unter anderem 1972, 1977 & 1978) beruht. Entsprechend wird die Gruppe in modernen Bestimmungsfloren gegliedert, so für Österreich (Fischer & al. 2008), die Britischen Inseln (Stace 2010), Deutschland (Jäger & Werner 2005) oder Skandinavien (Uotila 2001) in *C. suecicum* (2n = 18, diploid), *C. strictum* (2n = 36, tetraploid) und *C. album* (2n = 54, hexaploid). Eine weiter gehende Unterteilung in Unterarten wird nur noch in geringem Maße durchgeführt. Stace (2010) verzichtet gänzlich darauf. Fischer & al. (2008) gliedern *C. strictum* in *C. s.* subsp. *strictum* und *C. s.* subsp. *striatiforme* sowie *C. album* in *C. a.* subsp. *album*, *C. a.* subsp. *borbasii* und *C. a.* subsp. *pedunculare*. Jäger (2011) verzichtet auf Unterarten, erkennt aber *C. striatiforme* an.

Mandák & al. (2012) geben eine detaillierte Übersicht über vorliegende Chromosomenzählungen. Relative Genomgröße (Probe-Standard-Fluoreszenzverhältnis) ist ploidiespezifisch und korreliert mit der Chromosomenzahl: *C. suecicum* 0,69 ~ 2x, *C. strictum* und *C. striatiforme* 0,82–0,83 ~ jeweils 4x und *C. album* 1,52 ~ 6x (Mandák & al. 2012). Da das Zwei- und Dreifache des Wertes von *C. suecicum* deutlich höher liegt als die Werte für *C. strictum*/*C. striatiforme* bzw. *C. album*, dürfte es sich bei diesen Sippen nicht um Autopolyploide der diploiden *C. suecicum* handeln. Dies wird auch von Krak & al. (2016) mittels Sequenzvariation in der ITS-Region der nuklearen DNA, des rpl32-trnL Zwischengenbereiches der Chloroplasten-DNA und genomischer In-situ-Hybridisierung (GISH) bestätigt. Als Ausgangssippen für das hexaploide *C. album* erwiesen sich die diploiden *C. ficifolium* oder *C. suecicum* und die tetraploiden *C. striatiforme* oder *C. strictum*. Zudem wurde gezeigt, dass *C. album* mehrfach entstanden ist.

Die morphologische Variabilität der *C.-album*-Gruppe verhinderte bisher in Frankfurt am Main (Hessen) bei vegetationskundlichen, floristischen und taxonomischen Arbeiten eine klare Artabgrenzung von *C. album*, *C. strictum* und *C. suecicum*. Da mittlerweile mit der Durchflusszytometrie eine einfach zu handhabende und schnelle Methode zur Messung relativer Genomgrößen zur Verfügung steht, aus der die Ploidie abgeleitet werden kann, wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit der Erstautorin am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität der Goethe-Universität Frankfurt geprüft, wie weit in Frankfurt am Main morphologische Merkmale der *Chenopodium-album*-Gruppe mit der Ploidie korrelieren.

2. Methode

Die Untersuchung war auf das Gebiet der Stadt Frankfurt am Main, der größten Stadt des Bundeslandes Hessen, beschränkt. Die Stadt hat eine Gesamtfläche von 248 km² und umfasst Teile der Naturräume Untermainebene, Wetterau und Main-Taunusvorland. Mit 88 m ü. NN liegt der tiefste Punkt am Mainufer nahe der Stadtgrenze zu Kriftel, der höchste Punkt bei 213 m ü. NN an der Berger Warte im Stadtteil Seckbach. Die Grenztemperaturen liegen zwischen 36 °C im Sommer und –16 °C im Winter, die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 11 °C (Stadt Frankfurt am Main 2014).

Auf Grund des Flughafens und des Hauptbahnhofs, der Autobahnen aber auch durch die Binnenschifffahrt, ist Frankfurt einer der wichtigsten Verkehrsknotenpunkte Europas (Stadt Frankfurt am Main 2014). Damit verbunden ist eine intensive Bautätigkeit, wodurch immer wieder Brachflächen entstehen; günstige Standorte für die *Chenopodium-album*-Gruppe und eventuell andere morphologisch ähnliche *Chenopodium*-Neophythen wie *C. probstii* oder *C. missouriense* (Dostálek & Jehlík 2004).

Zwischen dem 11. August 2014 und dem 15. Oktober 2014 wurden 144 Pflanzen der *C.-album*-Gruppe an 25 Standorten in Frankfurt am Main gesammelt (Abb. 1, Tab. 1). Von jeder aufgrund abweichender morphologischer Merkmale identifizierten Population wurden drei Individuen gesammelt und fotografiert. Von jedem dieser Individuen wurden Blätter inklusive der Blattstiele in verschließbaren Plastikbeuteln gesammelt und bis zur Analyse bei 4 °C aufbewahrt. Anschließend wurden die Pflanzen herbarisiert (Belege im Herbarium Senckenbergianum FR). Merkmale des Blütenstandes und der Samen (je 10 Messungen) wurden mit Hilfe eines Präpariermikroskops (Leica $MZ7_5$) bestimmt.

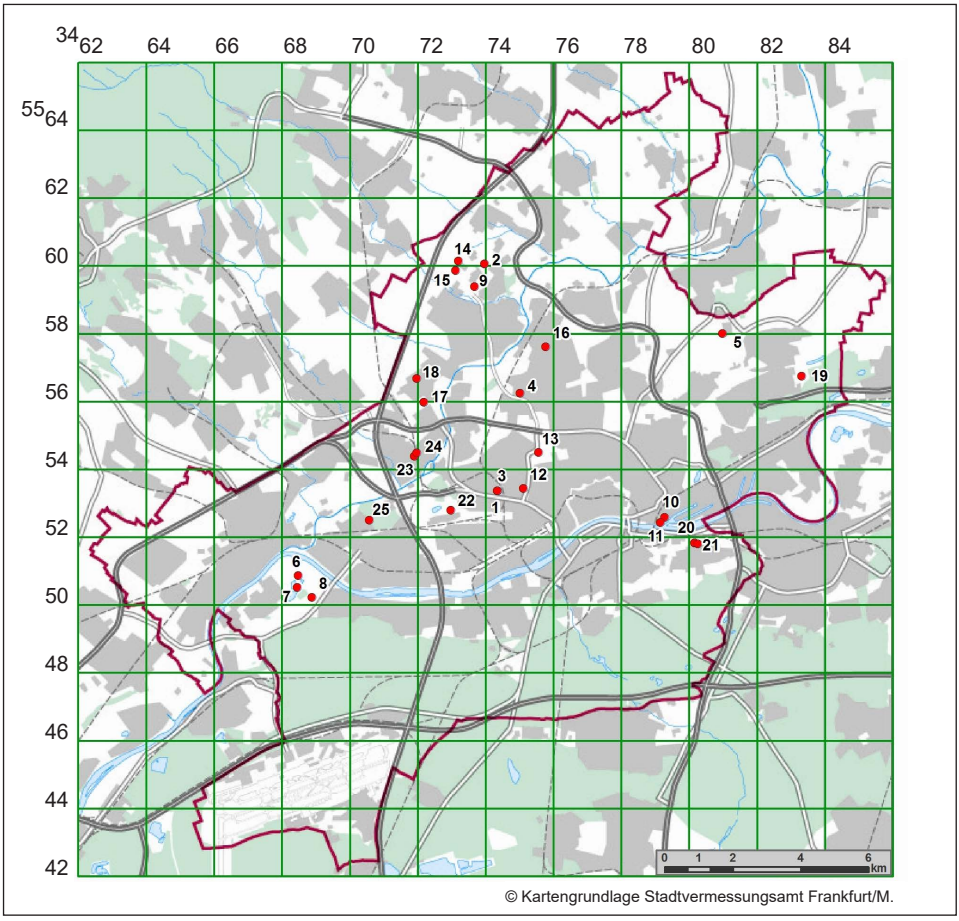

Abb. 1: Aufsammlungen der *Chenopodium-album*-Gruppe in Frankfurt am Main; Erklärung der Zahlen in Tab. 1. – Collection sites for the *Chenopodium album* group in Frankfurt/Main; numbers are explained in Tab. 1.

Tab. 1: Sammelorte der Pflanzen der *Chenopodium-album*-Gruppe in Frankfurt am Main. – Collection sites for specimens of the *Chenopodium album* group in Frankfurt/Main.

Fundort	Sammelnummer (Belege in FR)	Anzahl Pflanzen	Fundort	Koordinaten
1 & 3	LK-CH-02–LK-CH-06 LK-CH-10–LK-CH-15 LK-CH-28–LK-CH-33	17	Brachfläche Lise-Meitner-Straße/ Kuhwaldstraße	50,115983° N 8,640318° E
2	LK-CH-16–LK-CH-27	12	Fläche unter dem Informationshaus in der Konrad-Zuse-Straße	50,176101° N 8,634558° E
4	LK-CH-34–LK-CH-36	3	Beet in der Ginnheimer Landstraße, gegenüber der Wohnanlage	50,141898° N 8,649631° E
5	LK-CH-37–LK-CH-48	12	Wegrand am Lohrberg	50,157868° N 8,733023° E
6	LK-CH-49–LK-CH-54	6	Feld im Gebiet der Schwanheimer Düne	50,09323° N 8,55862° E
7	LK-CH-55–LK-CH-59	5	Erdhügel im Gebiet der Schwanheimer Düne	50,090080° N 8,558221° E
8	LK-CH-60–LK-CH-65	6	Rand eines Kartoffelackers im Gebiet der Schwanheimer Düne	50,08742° N 8,56421° E
9	LK-CH-66–LK-CH-69	4	Rasenfläche im Wissenschaftsgarten der Universität	50,17006° N 8,63055° E
10	LK-CH-70–LK-CH-72	3	Verwildertes Beet an der Kreuzung Honsel-/Mayfarthstraße im Osthafen	50,109132° N 8,709322° E
11	LK-CH-73–LK-CH-78	6	Erdhügel hinter der Skateranlage im Osthafen	50,107701° N 8,707562° E
12	LK-CH-79–LK-CH-85	7	Brachfläche in der Robert-Mayer-Straße	50,116588° N 8,651047° E
13	LK-CH-86–LK-CH-91	6	Brachfläche vor dem botanischen Garten	50,126246° N 8,657355° E
14	LK-CH-92–LK-CH-94	3	Straßenrand Arthur-von-Weinberg-Straße/Gerhard-Domagk-Straße	50,176871° N 8,623967° E
15	LK-CH-95–LK-CH-100	6	Ruderalfläche im Baugebiet an Arthur-von-Weinberg-Straße	50,174260° N 8,622808° E
16	LK-CH-101–LK-CH-102	2	Zwischen den Bahngleisen nahe Eschersheimer Landstraße	50,154219° N 8,660059° E
17	LK-CH-103–LK-CH-110	8	Am Friedhof Westhausen nahe dem Parkplatz	50,139368° N 8,609934° E
18	LK-CH-111–LK-CH-114	4	Brachfläche in der Ludwig-Landmann-Straße	50,145666° N 8,607016° E
19	LK-CH-115–LK-CH-122	7	Ruderalfläche an der Straße „An der Leuchte“	50,146653° N 8,765677° E
20	LK-CH-123–LK-CH-128, LK-CH-130	7	Feld und Feldrand 500 m westlich der Gärtnerei in der Wehrstraße	50,102369° N 8,721694° E
21	LK-CH-131–LK-CH-133	3	Pflasterfugen vor einem Wohnhaus in der Wehrstraße	50,102177° N 8,723067° E
22	LK-CH-134–LK-CH-139	6	Straße zum Rebstockbad, Grünstreifen zwischen Fahrbahnen	50,110781° N 8,621349° E
23	LK-CH-140–LK-CH-145	6	Erdhügel Westerbachstraße/ Breitlacherstraße	50,125063° N 8,606157° E
24	LK-CH-146–LK-CH-150	5	Beet Rödelheimer Bahnweg/ Dreispitzstraße	50,125916° N 8,607187° E
25	LK-CH-151–LK-CH-153	3	Oeserstraße, am Waldrand neben Lidl-Markt	50,108057° N 8,587661° E

Weiterhin wurden in die Ploidie-Untersuchung (siehe unten) einbezogen:

C. ficifolium (Sammelort 1, 4 Pflanzen, leg. L. Kohn).

C. opulifolium (Sammelort 19, 1 Pflanze; 4. 12. 2014, Frankfurt-Bockenheim, Pflasterritzen vor Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, 50,120201° N/8,652878° E, 1 Pflanze, leg. T. Gregor).

C. suecicum (4.9.2014, TK25 6232/1, 49,766357° N/11,039211° E, Bayern, Oberfranken, Landkreis Forchheim, Markt Eggolsheim, Erdaufschüttung südlich Gewerbegebiet an der Straße 2244 zwischen Ortsteil Neuses a. d. Regnitz, R. Wißkirchen & R. Otto, 1 Pflanze; 4. 9. 2014, Stadt Forchheim, 1 Pflanze, leg. R. Wißkirchen & R. Otto).

C. strictum (4. 9. 2014, Bamberg, ruderale Brache zwischen Coburger Straße und Friedhof, 2 Pflanzen, leg. R. Wißkirchen & R. Otto).

Die relative Genomgröße wurde mit Hilfe eines Durchflusszytometers (Partec CyFlow Space) bestimmt. Die Blattproben und ein interner Standard [*Glycine max* cv. "Polanka" (Doležel et al. 1994)] wurden zusammen mit einer Rasierklinge in einer Petrischale mit 1 ml eiskaltem Otto-I-Puffer [0,1 M Zitronensäure, 0,5 % Tween 20; Otto (1990), Doležel et al. (2007)] zerkleinert. Die Suspension wurde mit Hilfe von CellTrics® 30 µm (Firma Partec, Deutschland) filtriert. Die isolierten Zellkerne in der gefilterten Suspension wurden mit 1 ml Otto-II-Puffer (0,4 M $Na_2HPO_4 \times 12H_2O$) gefärbt und für 10 Minuten bei Zimmertemperatur inkubiert. Als Färbemittel diente das AT-spezifische Fluorochrom 4,6-Diamidin-2-Phenylindol (DAPI; 4 µg ml^{-1}). Die relative Fluoreszenz wurde für 3 000 Partikel bestimmt. Die relative Genomgröße (Probe-Standard-Fluoreszenzverhältnis, PSF) wurde aus Fluoreszenz-Histogrammen mit Hilfe des Programmes FloMax v2.4d (Firma Partec, Deutschland) durch den Vergleich der Mittelwerte bestimmt. Nur Histogramme mit Variationskoeffizienten von weniger als 5 % wurden berücksichtigt.

Die morphologischen Merkmale wurden mit Hilfe von multivariaten Hauptkoordinatenanalysen (PCoA) basierend auf Gowers Distanzmaße mit Hilfe von PAST v3.04 (Hammer et al. 2001) analysiert.

Für *C. album* s. str. wurden folgende morphologische Merkmale und Merkmalszustände erfasst:

Wuchsform: 1 = aufrecht, 2 = bogig aufsteigend, 3 = niederliegend

Höhe der Pflanze: Messwert in cm

Winkel zwischen Stamm und Blattstiel an der ersten kräftigen Verzweigung, die zu einem gut ausgebildeten Blütenstand führt: Messwert in °

Farbe Hauptachse: 1 = grün-gelb, 2 = grün-gelb-rot, 3 = grün-rot, 4 = rot

Pflanzenoberfläche („Bemehlung"): 1 = schwach [nur ein Bereich], 2 = mittel [zwei Bereiche der Pflanze], 3 = viel [Blüten, Hauptsprossachse und Blätter]

roter Fleck in Blattachsel: 0 = nicht vorhanden, 1 = vorhanden

Blätter im unteren Bereich der Pflanze bei ca. 25 % der Pflanzenhöhe sind meist typisch ausgeprägt und werden oft für Bestimmungen verwendet. Da derartige Blätter aber bei blühenden Pflanzen meist nicht mehr vorhanden sind, blieben sie unberücksichtigt.

Tragblatt bei 50 % der Pflanzenhöhe an Hauptachse
Blattstiellänge: Messwert in cm
Spreitenlänge: Messwert in cm
Spreitenbreite: Messwert in cm
Spreitenform: 1 = rhombisch, 2 = rhombisch-eiförmig, 3 = verkehrt eiförmig, 4 = lanzettlich, 5 = länglich, 6 = eiförmig
Blattrand: 1 = ganzrandig, 2 = gezähnt
Farbe des Blattrandes: 1 = grün, 2 = rot, 3 = grün-rot
Dreilappigkeit: 0 = nicht vorhanden, 1 = vorhanden
Art der Zähne am Blattrand: 1 = spitz und parallel, 2 = spitz und unregelmäßig, 3 = abgerundet und parallel, 4 = abgerundet und unregelmäßig, 5 = spitz und abgerundet, regelmäßig, 6 = spitz und abgerundet, unregelmäßig
Anzahl Zähne am Blattrand (n) linke Blattseite
Anzahl Zähne am Blattrand (n) rechte Blattseite
Farbe Blattoberseite: 1 = olivgrün, 2 = grau-grün, 3 = blau-grün, 4 = grün-gelb, 5 = grün-gelb-rot, 6 = gelb, 7 = gelb-rot, 8 = grün-rot
Farbe Blattunterseite: 1 = olivgrün, 2 = grau-grün, 3 = blau-grün, 4 = grün-gelb, 5 = grün-gelb-rot, 6 = gelb, 7 = gelb-rot, 8 = grün-rot

Tragblatt bei 75 % der Pflanzenhöhe an Hauptachse
wie oben

Tragblatt im Blütenstand bei 50 % der Pflanzenhöhe, Mitte der Seitenachse
wie oben

Blütenstand
Die Beschreibung der Blütenstände erfolgte nach einer Kombination von Kriterien (Tab. 2).

Tab. 2: Kodierung der Merkmale zur Beschreibung von Blütenständen. – Coding of inflorescence characteristics.

Kodierung	Blütengröße deutlich kleiner als Durchschnitt	Abstände zwischen den Knäueln am Anfang der Seitenachse deutlich größer als Durchschnitt aller Pflanzen	Abstände zwischen den Knäueln am Anfang der Seitenachse deutlich kleiner als Durchschnitt aller Pflanzen	Blütenstands-tragende Seitenachsen deutlich kürzer als Durchschnitt aller Pflanzen	Blütenstands-tragende Seitenachsen mit gestauch-ten Seiten-trieben	Auffallend geringe Abstände zwischen den Knäueln am Ende des Blütestands
1		●			●	●
2	●		●	●		
3				●		●
4				●		
5			●		●	
6			●			
7	●	●				●
8			●	●	●	●

Kiel der Blütenblätter
0 = nicht vorhanden, 1 = flach und kurz (¼ bis ½ der Blütenhülle), 2 = scharf und kurz (¼ bis ½ der Blütenhülle), 3 = flach und lang (½ bis Spitze der Blütenhülle), 4 = scharf und lang (½ bis Spitze der Blütenhülle)

Samen
Farbe: 1 = schwarz, 2 = braun
Form: 1 = rundlich, 2 = oval
Kiel: 0 = nicht vorhanden, 1 = scharf, 2 = stumpf
Oberflächenstruktur: 0 = nicht vorhanden, 1 = radiäre Riefen, auf beiden Seiten gleich, 2 = radiäre Riefen, auf Oberseite stärker ausgeprägt als auf Unterseite
Würzelchen: 0 = nicht vorhanden, 1 = abgerundet, mittelstark ausgeprägt, 2 = abgerundet, schwach ausgeprägt, 3 = abgerundet, stark ausgeprägt

3. Ergebnisse

Die durchflusszytometrischen Untersuchungen ergaben die in Tabelle 3 aufgeführten Werte.

Tab. 3: Relative Genomgröße – Relative genome size.

Taxon	relative Genomgröße ± SD	Anzahl Pflanzen
C. ficifolium	0,69 ± 0,00	4
C. suecicum	0,69	1
C. strictum	0,82 ± 0,00	2
C. album	1,51 ± 0,01	144
C. opulifolium	1,72 ± 0,00	2

Die Ergebnisse der morphologischen und durchflusszytometrischen Messungen sind in Tabelle 4 im elektronischen Anhang zusammengefasst. In den einzelnen Untersuchungsgebieten waren oft mehrere morphologisch unterscheidbare Formen vorhanden. Sie unterschieden sich durch Dichte der Blütenstände, Blattform, Blattgröße, Verzweigungsmuster des Blütenstandes, Stellung der Seitenäste sowie durch die Gesamthöhe. Es gab zum Beispiel am Fundort 1 sehr große, erst im Oktober zur Fruchtreife kommende Pflanzen mit schmalen, ganzrandigen Blättern neben schon im Juli fruchtenden, auffallend kleinen Pflanzen. Die an einem Standort meist gut unterscheidbaren „Morphotypen“ ließen sich aber bei Betrachtung des Gesamtmaterial nicht bestätigen. Etliche „Morphotypen“, wie zum Beispiel die *C. suecicum* ähnelnden Pflanzen am Fundort 25 (Oeserstraße, am Waldrand neben Lidl-Markt) wurden nur an einem Fundort gesammelt.

Vertreter einiger häufiger beobachteten Morphotypen sind in den Abbildungen 2–4 dargestellt:

Abb. 2: Vertreter der *Chenopodium-album*-Gruppe (Lea Kohn LK-CH-104, 16. 9. 2014 in FR) vom Fundort 17 am Friedhof Westhausen nahe dem Parkplatz, mit folgenden morphologischen Charakteristika: Winkel der Seitenäste bis 90°, Blätter rhombisch eiförmig bis lanzettlich, meist klein und ganzrandig, an der Spitze abgerundet, gesamte Pflanze rot überlaufen. Abstände zwischen den Knäueln am Anfang der Seitenachse deutlich größer als Durchschnitt. – Representatives of the *Chenopodium album* group (Lea Kohn LK-CH-104, 16. 9. 2014 in FR) from location 17 near the car park at Westhausen cemetry, with the following morphological characteristics: branch angles up to 90°, leaves rhombic ovate to lanceolate, mostly small and entire, rounded at the tip, entire plant reddish in colour, distance between cymes at branch origin notably greater than average.

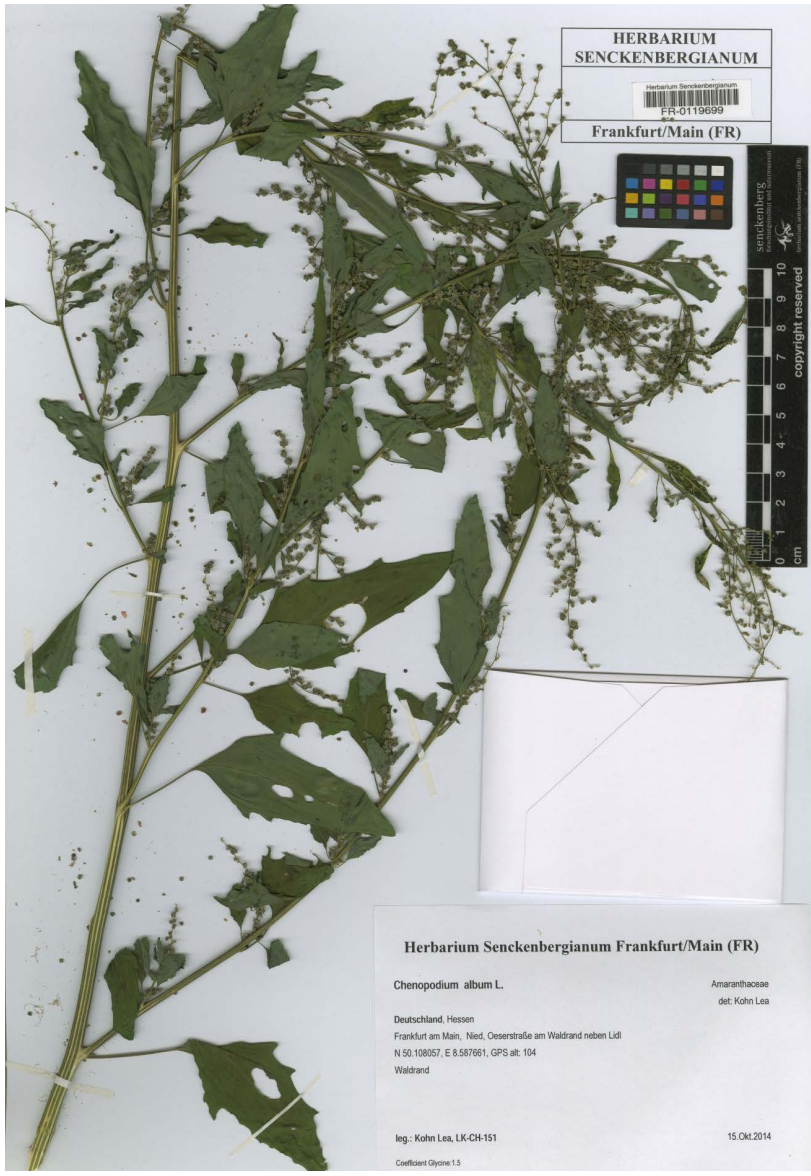

Abb. 3: Vertreter der *Chenopodium-album*-Gruppe (LK-CH-151, 15. 10. 2014 in FR) vom Fundort 25 Oeserstraße, am Waldrand neben Lidl-Markt mit folgenden morphologischen Charakteristika: Winkel der Seitenäste etwa 45°; Blätter rhombisch, reich gezähnt. Pflanze dunkelgrün bis grau-grün; späte Samenreife; Blütengröße deutlich kleiner als Durchschnitt; Abstände zwischen den Knäueln am Anfang der Seitenachse deutlich größer als Durchschnitt. – Representatives of the *Chenopodium album* group (Lea Kohn LK-CH-151, 15. 10. 2014 in FR) from location 25 at Oeserstrasse, at the forest edge near the Lidl supermarket, with the following morphological characteristics: branch angles ca. 45°, rhombic leaves, always serrated. Plant dark green to grey-green in colour, late maturation of seeds, flowers smaller than average; distance between cymes at branch origin notably greater than average.

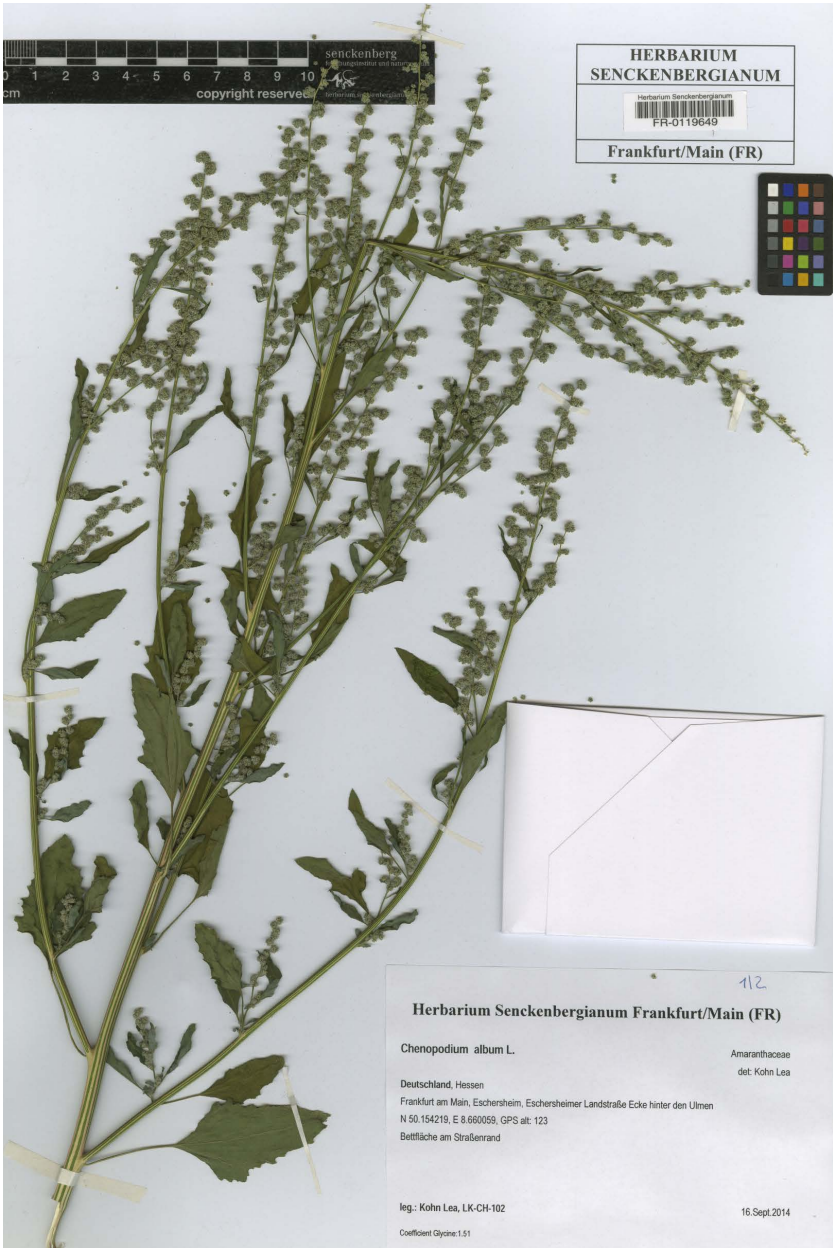

Abb. 4: Vertreter der *Chenopodium-album*-Gruppe (LK-CH-102, 16. 9. 2014 in FR) vom Fundort 16 zwischen den Bahngleisen nahe Eschersheimer Landstraße mit folgenden morphologischen Charakteristika: Winkel der Seitenäste etwa 45°; Seitenäste auffallend lang und bogig aufsteigend; Blätter lanzettlich oder rhombisch, Pflanze grau-grün. – Representatives of the *Chenopodium album* group from location 16 between railway tracks near Eschersheimer Landstrasse, with the following morphological characteristics: branch angles ca. 45°, long and dog-legged ascendent branches, lanceolate or rhombic leaves, plant grey-green in colour.

Bei 110 der 144 Pflanzen konnten die Merkmale vollständig erfasst werden. Eine Hauptkoordinatenanalyse zeigt keine klare Gruppenbildung (Abb. 5). Die erste Achse erklärt 24,45 % der Varianz, die zweite 11,57 %.

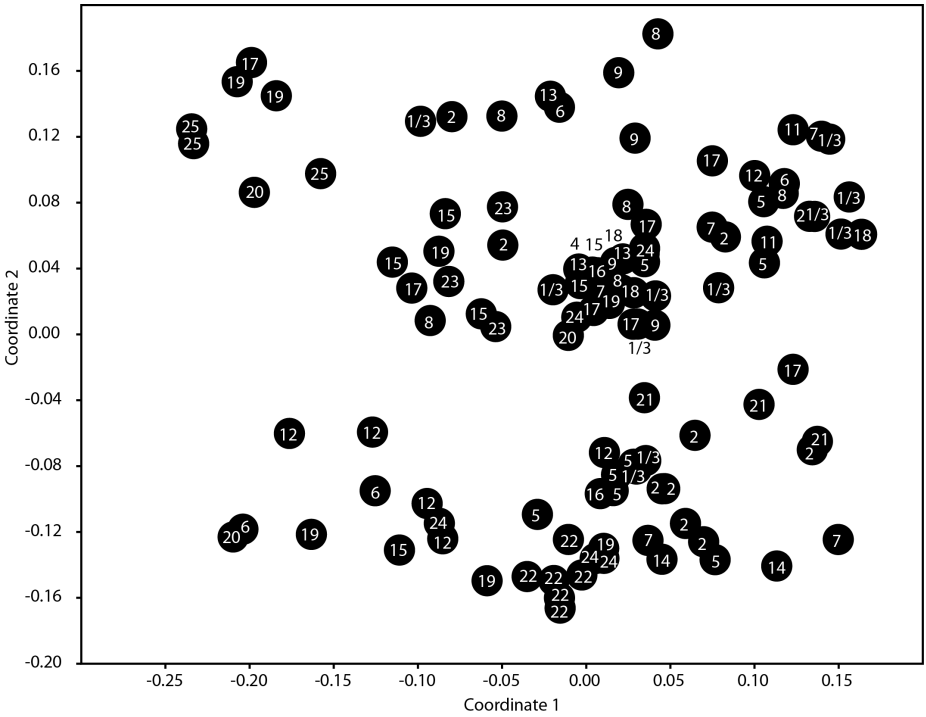

Abb. 5: Hauptkoordinatenanalyse der untersuchten morphologischen Merkmale der *Chenopodium-album*-Pflanzen basierend auf Gowers Distanzmaß. Die Nummern kennzeichnen die Lokalität (Tab. 1) – Principal coordinate analysis of the morphological characteristics examined for *Chenopodium album* plants based on Gower's distance. Numbers indicate collection sites (Tab. 1).

4. Diskussion

Einer auffallend großen morphologischen Variabilität von hexaploidem *C. album* in Frankfurt am Main stehen einheitliche relative Genomgrößen gegenüber. An mehreren Fundorten wurden differenzierbare Morphotypen beobachtet (zum Beispiel Fundorte 1/3, 5, 6, 22, 24, 25 in Abb. 1). Betrachtet man aber das ganze Untersuchungsgebiet, so bilden die Morphotypen fließende Übergänge (Abb. 5). Die polytope allopolyploide Entstehung von *C. album* ist wahrscheinlich die wichtigste Ursache für die große morphologische Variabilität (Krak & al. 2016). Wir nehmen an, dass die beobachtete morphologische Vielfalt auf einer Koexistenz von Abstammungslinien beruht, die in unterschiedlicher Zeit und an unterschiedlichen Plätzen entstanden sind. Zum Nebeneinander der morphologisch unterschiedlichen Gruppen kann vor allem die überwiegende Selbstbefruchtung beitragen, die zur Bildung genetisch einheitlicher Nachkommenschaft führt. Selbstbefruchtung bei *Chenopodium album* wurde mehrfach nachgewiesen (Basset & Crompton 1978, Warwick & Black 1980, Wißkirchen 2004). Zudem dürften

differierende Umweltbedingungen und phänotypische Plastizität eine Rolle für die jeweilige Ausbildung der *Chenopodium-album*-Pflanzen spielen.

In der Hauptkoordinatenanalyse ergeben sich keine klaren Muster. Interessant war die Verbindung von phänologischen Merkmalen und Pflanzenhöhe. Im Spätsommer zur Fruchtreife kommende Pflanzen fielen durch geringe Höhen von unter 50 cm auf, im Oktober fruchtende Pflanzen erreichten dagegen mehr als 2 m Höhe. Die Pflanzenhöhe könnte mir der epigenetisch gesteuerten Entwicklungszeit korreliert sein, wie dies für *Arabidopsis thaliana* bekannt ist (Hu & al. 2015) oder auch durch phänotypische Plastizität gegenüber Umweltfaktoren erklärt werden, wie dies für *Chenopodium album* in Kanada gezeigt werden konnte (Kurashige & Agrawal 2005).

Bei den durchflusszytometrischen Messungen konnten die Ergebnisse von Mandák & al. (2012) bestätigt werden, auch die deutlich höhere relative Genomgröße des hexaploiden *C. opulifolium* gegenüber hexaploidem *C. album*.

Weder *C. strictum* noch *C. suecicum* konnten bei unseren Untersuchungen für Frankfurt nachgewiesen werden. Ein Vorkommen von *C. suecicum* in Frankfurt am Main erscheint grundsätzlich möglich, ist aber bisher nicht nachgewiesen. *C. strictum* subsp. *strictum* sowie *C. striatiforme* konnte Buttler (1989), unterstützt durch Chromosomenzählung, in Frankfurt-Kuhwaldsiedlung sowie im Naturschutzgebiet Schwanheimer Düne feststellen. Funde aus neuerer Zeit fehlen. *C. probstii* und *C. missouriense* wurden bereits in Mitteleuropa nachgewiesen (Dostálek & Jehlík 2004), fehlen aber bisher in Frankfurt.

Die morphologische Abgrenzung von *C. strictum* und *C. suecium* stand nicht im Mittelpunkt dieser Arbeit. Die folgende Charakterisierung, die unter Mithilfe von Lenz Meierott und Rolf Wißkirchen entstand, soll zur Differenzierung der beiden Arten beitragen (siehe auch *Chenopodium*-Schlüssel in Offene Naturführer[1]).

<u>*Chenopodium strictum*</u>: Untere Seitenäste waagrecht abstehend, oft dem Boden aufliegend, später am Ende aufsteigend. Stängel frühzeitig dunkel rotviolett gestreift oder im Ganzen gefärbt. Blattfärbung stumpf olivgrün, die Ränder oft frühzeitig rotviolett. Blätter länglich elliptisch bis breit eiförmig, dabei Blatträndер oft fast parallel zueinander und sich nur wenig apikal verjüngend, die Blattspitze meist abgerundet, gleichmäßig fein gezähnt (bis fast ganzrandig). Infloreszenz mit meist schmalen, dichten Ähren, die kleinen Knäuel gleichmäßig perlschnurartig gereiht. Samen klein, meist um 1 mm im Durchmesser, oval (bei *C. album* meist rundlich), mit glänzendglatter Oberfläche und kaum erkennbarer Zeichnung. Pflanzen unter gleichen ökologischen Bedingungen meist später blühend als *C. album*. *C. strictum* kann mit *C. striatiforme* verwechselt werden, das aber in allen Teilen deutlich kleiner ist und kleine rhombisch zugespitzte Blätter besitzt.

C. strictum ist in Deutschland wahrscheinlich keine verbreitete Pflanze, wie es Kartierungen (so NetPhyD & BfN 2013) vermuten lassen. *C. strictum* ist als wärmeliebende Art eher in Süddeutschland (vergleiche Oberdorfer 1983, Tab. 149, Sp. 10) zu erwarten, im nördlichen Deutschland bieten große Städte wie Berlin mit einer gegenüber dem Umland um mehr als 1 °C höherer Jahresmitteltemperatur besonders geeignete Bedingungen. Nach Meierott (2008) hat sich *C. strictum* im unterfränkischen Maingebiet in den letzten Jahrzehnten fest etabliert.

[1] Wißkirchen, R 2014. *Chenopodiaceae* – Bestimmungsschlüssel der in Deutschland wachsenden Gänsefußgewächse. http://offene-naturfuehrer.de/web/Chenopodiaceae_–_Bestimmungsschlüssel_der_in_Deutschland_wachsenden_Gänsefußgewächse_(Rolf_Wißkirchen)

C. strictum fehlt aber z. B. im Raum Bonn. Im Rheinischen Herbar (NHV) mit Belegen aus dem ganzen Rheinland liegt nur ein einziges Exemplar von einem Güterumschlagplatz am Niederrhein (Mitteilung R. Wißkirchen), im Herbar Münster (MSTR) kein einziger Beleg. Generell besiedelt die Pflanze bodentrockene, sandige Standorte.

Chenopodium suecicum: Pflanze grün (bis schwach graugrün), nur junge Pflanzen stärker bemehlt, später mehr oder weniger verkahlend. Stängel grün (nur selten verfärbt, manchmal mit rotem Achselfleck). Stängel relativ dünnwandig, im oberen Teil zumeist mit zwei Fingern (Zeigefinger und Daumen) leicht zusammenzudrücken (dies bei *C. album* kaum möglich). Blätter breit deltoid, basal auch zuweilen schwach dreilappig, am Rand ziemlich dicht fein und scharf gezähnt (die Zähne oft etwas einwärts zur Blattspitze hin gebogen). Infloreszenz auffallend locker, Blüten in lockeren, wenigblütigen Knäuelgruppen – oft mit deutlich gestielten Einzelblüten. Infloreszenz fast bis zur Spitze beblättert. In Zweifelsfällen kann *C. suecicum* von *C. album* durch die Samenform und -struktur unterschieden werden: Samen am Rand abgerundet (*C. album* stumpfkantig), mit meist deutlichen radiären Rillen, schwach narbig grubig (*C. album* am Rand stumpfkantig, Oberfläche glänzend, kaum mit Rillen). Die Oberflächen der Samen müssen nach dem Abreiben der Fruchtschale untersucht werden. Das Abreiben der Fruchtschale wird durch Einlegen in Wasser oder Salzsäure (1 M) erleichtert.

Über die Verbreitung von *C. suecicum* in Deutschland ist wenig bekannt, obwohl Aellen (1960–1961) zur Verbreitung in Deutschland schreibt: „Besonders häufig im norddeutschen Tiefland, in den Mittelgebirgen, im Main und Oberrheintal; …“ Nach skandinavischen Untersuchungen – zusammengefasst in Uotila (2001) – sollte der Schwerpunkt im Norden und Nordosten Deutschlands liegen. Sichere Funde sind aus Westfalen, dem unterfränkischen Maintal, dem Bamberger Raum und aus der Umgebung von Leipzig bekannt. Generell besiedelt die Pflanze sehr nährstoffreiche, frische bis mäßig trockene Standorte und findet sich auf Kompost- und Dungstellen, auf stark gedüngten Äckern und auf entsprechenden Ruderalstellen in Siedlungen.

5. Dank

Für die Bereitstellung von Pflanzen von *C. strictum* und *C. suecium*, eine gemeinsame Exkursion sowie vielfältige Informationen danken wir Rolf Wißkirchen. Lenz Meierott stellte Merkmale von *C. strictum* und *C. suecicum* zusammen. Dirk Bönsel erstellte die Karte. Die Untersuchungen wurden aus Mitteln der Goethe-Universität und des Forschungsinstituts und Naturmuseums Senckenberg Frankfurt finanziert. Karol Krak und Petr Vít danken wir herzlich für die hilfreichen Gutachten.

6. Literatur

Aellen P. 1960–1961: 45. Familie. *Chenopodiaceae*. In: H. J. Conert, U. Hamann, W. Schultze-Motel & G. Wagenitz (Hrsg.): Gustav Hegi. Illustrierte Flora von Mitteleuropa **3(1)**. 2. Aufl., 533–747. – Paul Parey, Berlin & Hamburg.

Ascherson, P. & P. Graebner 1913: Gesamtart *C.*[*Chenopodium*] *album*. In: P. Graebner (Hrsg.): Synopsis der mitteleuropäischen Flora **5(1)**, 37–86. – Leipzig: Borntraeger.

Bassett, I. J. & C. W. Crompton 1978: Biology of Canadian weeds. 32. *Chenopodium album* L. – Can. J. Pl. Sci. 58, 1061–1072, Ottawa.

Buttler K. P. 1989: Chromosomenzahlen von Gefäßpflanzen aus Hessen, 4. Folge. – Hess. Florist. Briefe **38**(1), 11–14, Darmstadt.

Doležel J., M. Doleželová & F. J. Novák 1994: Flow cytometric estimation of nuclear DNA amount in diploid bananas (*Musa acuminata* and *M. balbisiana*). – Biol. Pl. **36**, 351–357, Praha & Brno.

Doležel J., J. Greilhuber & J. Suda 2007: Estimation of nuclear DNA content in plants using flow cytometry. – Nat. Protocols **2**, 2233–2244, Basingstoke.

Dostálek J. & V. Jehlík 2004: *Chenopodium probstii* and *Chenopodium missouriense*: two North American plant species in the Czech Republic, Slovak Republic and neighbouring countries. – Feddes Repert. **115**(5–6), 483–503, Weinheim.

Fischer M. A., K. Oswald & W. Adler 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol, ed. 3. – Linz: Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen. 1392 Seiten.

Jäger E. J. (Hrsg.) 2011: Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Grundband, 20. Aufl. – Spektrum, Heidelberg. 930 Seiten.

Jäger E. J. & K. Werner (Hrsg.) 2005: Exkursionsflora von Deutschland, begründet von Werner Rothmaler 4. Gefäßpflanzen: Kritischer Band. 10. Aufl. – Elsevier, München. 980 Seiten.

Hammer Ø., D. A. T. Harper & P. D. Ryan 2001: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. – Palaeontologia Electronica **4(1)**, 1–9.

Hu Y., G. Morota, G. J. M. Rosa & D. Gianola 2015: Prediction of plant height in *Arabidopsis thaliana* using DNA methylation data. – Genetics **201**(2), 779–793.

Krak K., P. Vít, A. Belyayev., J. Douda, L. Hreusová & B. Mandák 2016. Allopolyploid Origin of *Chenopodium album* s. str. (*Chenopodiaceae*): A Molecular and Cytogenetic Insight. – PLOS one **11(8)**, 1–22, Lawrence/Kan.

Kurashige N. S. & A. A. Agrawal 2005: Phenotypic plasticity to light and herbivory in *Chenopodium album* (*Chenopodiaceae*). – Amer. J. Bot. **92**(1), 21–26, St. Louis, Mo.

Mandák, B., P. Trávníček, L. Paštová & D. Kořínková 2012: Is hybridization involved in the evolution of the *Chenopodium album* aggregate? An analysis based on chromosome counts and genome size estimation. – Flora **207**, 530–540, Amsterdam.

Meierott L. 2008: Flora der Hassberge und des Grabfelds. Neue Flora von Schweinfurt **1** & **2**. – IHW, Eching. **1**: 1–688, **2**: 689–1448.

NetPhyd & BfN (Hrsg.) 2013: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – NetPhyd & BfN, Bonn-Bad Godesberg. 912 Seiten.

Oberdorfer E. (Hrsg.) 1983: Süddeutsche Pflanzengesellschaften **3**. 2. Aufl. – Gustav Fischer, Stuttgart & New York. 455 Seiten.

Paśnik A. 1999: Notes on *Chenopodium pecunculare* and *C. striatiforme* (*Chenopodiaceae*) in Poland: taxonomy and distribution. – Fragm. Florist. Geobot. **44**, 63–70, Kraków.

Stace C. A. 2010: New Flora of the British Isles. Ed. 3. – Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Dehli, Dubai & Tokyo. xxxii, [2] + 1232 Seiten.

Stadt Frankfurt am Main 2014: Statistisches Jahrbuch Frankfurt am Main. – http://www.frankfurt.de/sixcms/detail.php?id=3877& ffmpar[id eltern]=2811 [letzter Aufruf 16.8.2015].

Suda J., A. Krahulcová, P. Trávníček & F. Krahulec (2006): Ploidy level versus DNA ploidy level: an appeal for consistent terminology. – Taxon **55**, 447–450, Vienna.

Uotila P. 1972: Chromosome counts on the *Chenopodium album* aggregate in Finland and NE Sweden. – Ann. Bot. Fenn. **9**, 29–32, Helsinki.

Uotila P. 1977: *Chenopodium strictum* subsp. *striatiforme* in the Baltic Sea area. – Ann. Bot. Fenn. **14**, 199–205, Helsinki.

Uotila P. 1978: Variation, distribution and taxonomy of *Chenopodium suecicum* und *C. album* in N-Europe. – Acta Bot. Fenn. **108**, 1–36, Helsinki.

Uotila P. 2001: 3. *Chenopodium* L. In: B. Jonsell (ed.), Flora nordica **2**, 4–31. – The Bergius Foundation & The Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm.

Walter J. 1995: Zwei bisher in Österreich wenig bekannte Chenopodien: *C. suecicum* und *C. album* subsp. *pedunculare*. – Fl. Austr. Novit. **2**, 28–53, Wien.

Warwick S. I. & L. Black 1980: Uniparental inheritcance of atrazine resistance in *Chenopodium album*. – Can. J. Pl. Sci. **60**, 751–753,Ottawa.

Wißkirchen R. 2004: Fortpflanzungssysteme einjähriger Pflanzen und deren Beziehung zu Vegetationstyp, Lebensform und Blütengröße. – Beitr. Biol. Pflanzen **72**, 325–363, Berlin.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanik und Naturschutz in Hessen

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 30

Autor(en)/Author(s): Kohn Lea, Gregor Thomas, Paule Juraj, Zizka Georg

Artikel/Article: Chenopodium album – große morphologische Vielfalt bei Frankfurts Hexaploiden 53-66