

Über einige physiologische Reaktionen mit Auswirkungen auf die Ertrags- entwicklung bei Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*)

Some Physiological Reactions Affecting Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*)

Von El Sayed R. Khafaga*), Dieter Prinz**) und Sigmund Rehm**)

1. Einleitung

Rosella ist die zur Gewinnung der fleischigen, leuchtendroten Kelche angebaute Varietät („var. *sabdariffa*“) von *Hibiscus sabdariffa* aus der Familie der Malvaceen. Rosella, auch Roselle, Jamaica Sorrel oder Karkadeh genannt, wird in Tropen und Subtropen weltweit angebaut und gewinnt durch den steigenden Export der aus den getrockneten Kelchen bestehenden Droge zunehmend an Bedeutung. Verwendet wird die Droge in erster Linie zur Tee- bzw. Getränkeherstellung („Malventee“). Weitere Angaben zu Morphologie, Anatomie, Physiologie und Inhaltsstoffen finden sich u.a. bei Khafaga (1976), El Afry (1978) und El Afry et al. (1979).

2. Material und Methodik

Für die Versuche wurden Herkünfte aus fünf Anbaugebieten (Thailand, Mittelamerika, Senegal, Indien, Ägypten) von *Hibiscus sabdariffa* L. var.

*) Dr. El Sayed R. Khafaga, Botanische Anstalten der Universität Göttingen

Anschrift: Untere Karspüle 2, D-3400 Göttingen

**) Prof. Dr. Sigmund Rehm, Dr. Dieter Prinz, Institut für Tropischen und Subtropischen Pflanzenbau der Universität Göttingen

Anschrift: Grisebachstraße 6, D-3400 Göttingen

sabdariffa benutzt. Die Länge sowie der Durchmesser der Kelche wurden mit einer 0,1 mm Schieblehre im Abstand von 3 bzw. 5 Tagen ermittelt. Die Entfernung des Fruchtknotens erfolgte mit einer Pinzette am Tag nach Abfall der Blütenkrone.

Die Pflanzen wurden in mit Klarglas gedeckten Gewächshauskabinen (ϕ t 25/20 °) oder in einer Klimakammer (ϕ t 27/22 °, Tageslänge 10 Stunden, relative Feuchte 65%, Lichtintensität 25 000 Lux) angezogen. Mehr über die Kulturbedingungen findet sich bei Khafaga (1976).

3. Ergebnisse

3.1 Verzweigung

In *H. sabdariffa* kommen verzweigte und unverzweigte Formen vor. Alle Herkünfte, die aus Samen angezogen waren, hatten bei Aufzucht im Gewächshaus zunächst keine Seitentriebe. Die Entfernung der Sproßspitzen bewirkte das Austreiben einer großen Anzahl der korrelativ gehemmten Seitenknospen.

Stecklinge aus dekapitierten Pflanzen hatten ebenfalls mehrere Seitentriebe. Das zeigt, daß bei den unverzweigten Formen zunächst eine sehr starke Apikaldominanz besteht.

Auch das Auspflanzen undekapitierter Pflanzen ins Freigelände des Institutes im Sommer (Anfang Juni) führte dazu, daß die korrelative Knospenhemmung aufgehoben wurde und die Pflanzen an den Hauptsprossen zahlreiche Seitentriebe ausbildeten. Ökologische Faktoren, insbesondere Lichtintensität und/oder die Lichtzusammensetzung, beeinflussen offenbar die Apikaldominanz bei *H. sabdariffa*. Früchte wurden an Haupt- und Seitentrieben gebildet, wobei bei gegebener Sorte eine positive Korrelation zwischen der Länge der Triebe und der Zahl der Früchte zu bestehen scheint.

3.2 Blühsystem

Bei den Herkünften aus Thailand, Indien, Mittelamerika und Ägypten gliederte sich die Gesamtblütezeit in eine Hauptblüte, eine Ruhephase und ein erneutes Blühen; nur die senegalische Herkunft blühte ununterbrochen.

Die Anzahl der Blüten (Abb. 1) nahm bei allen Herkünften zunächst schnell zu und erreichte nach 10–15 Tagen das Maximum. Danach verringerte sie sich, aber je nach Herkunft unterschiedlich. Tab. 1 stellt die kumulative Anzahl von Blüten (in Prozent der Gesamtblütenzahl) für

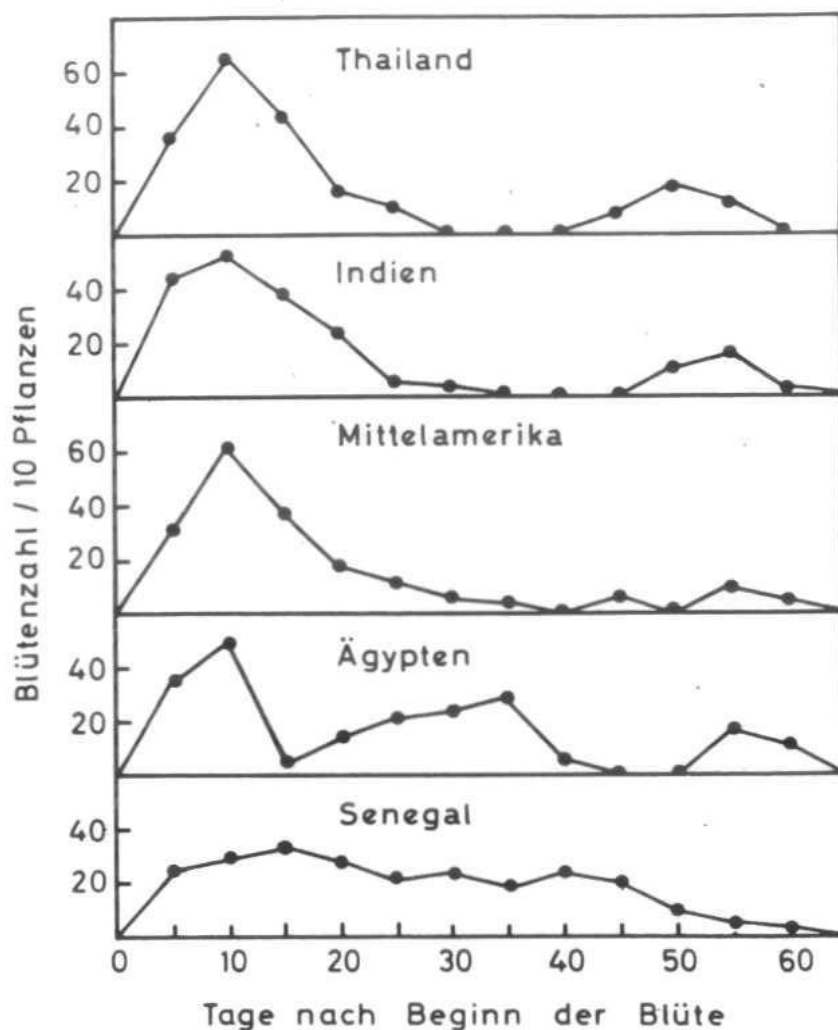


Abbildung 1: Blühsystem der verschiedenen Herkunftste

die verschiedenen Herkunftste in Abständen von 5 Tagen dar. Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Herkunftste aus Thailand, Indien und Mittelamerika schon in den ersten 20 Tagen etwa dreiviertel ihrer Gesamtblütenzahl gebildet hatten, während die ägyptische und die senegalische Herkunft diesen Anteil erst nach 35 Tagen erreichten.

3.3 Kelchwachstum

Die Herkunftste unterschieden sich in der Größe ihrer Kelche (Abb. 2 u. 3). Die Herkunft aus Senegal hatte die größten Kelche. Deutlich kleiner waren die der indischen und mittelamerikanischen Herkunft. Die kleinsten Kelche wiesen die ägyptische und die thailändische Herkunft auf.

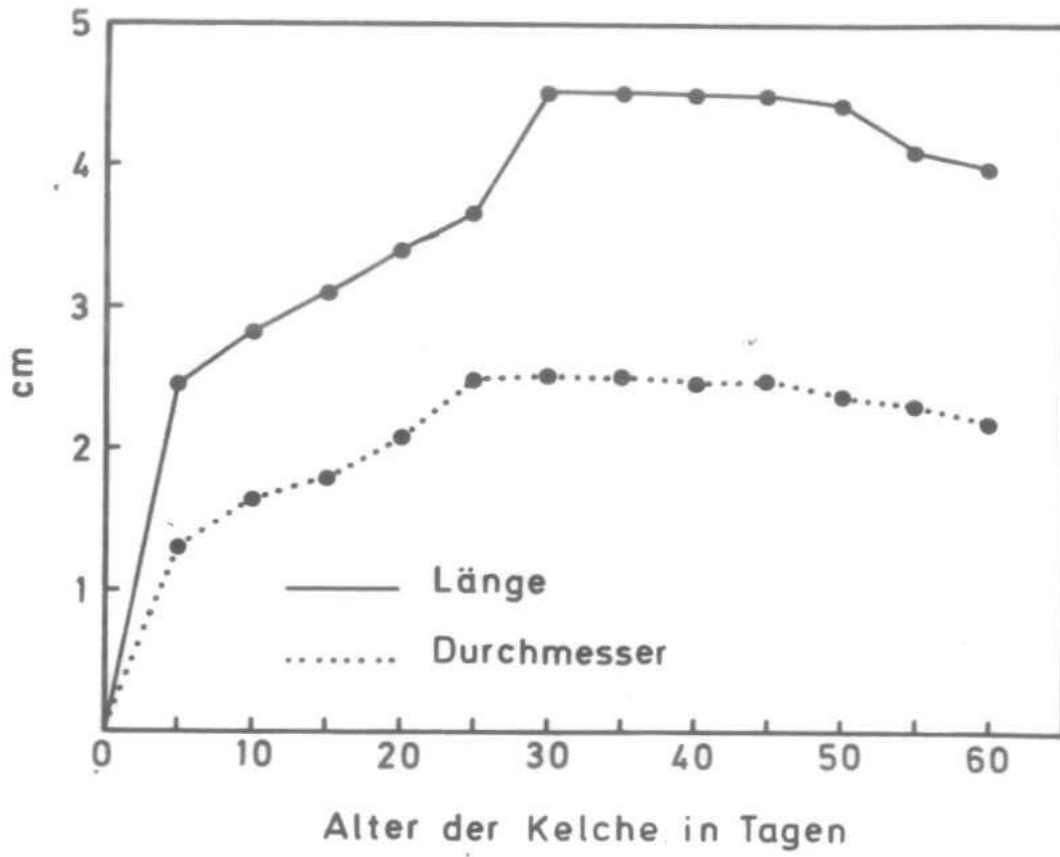


Abbildung 2: Kelchwachstum der senegalischen Herkunft in Abhängigkeit vom Alter

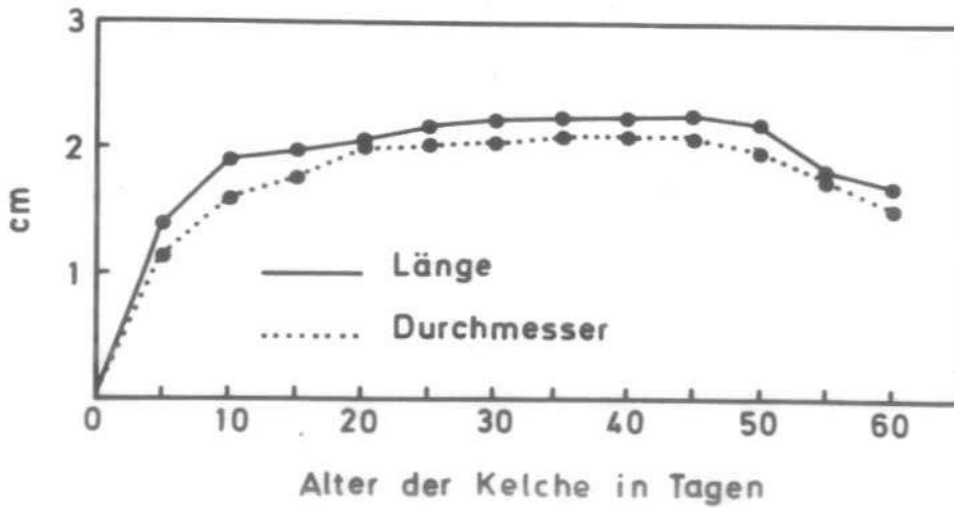


Abbildung 3: Kelchwachstum der ägyptischen Herkunft in Abhängigkeit vom Alter

Tab. 1: Kumulative Blütenzahl in % der Gesamtblütenzahl

Herkunft	Tage nach Beginn der Blüte											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Thailand	17	49	69	77	82	82	82	82	86	94	100	
Indien	22	48	67	79	82	84	84	84	84	90	98	100
Mittel- amerika	14	47	67	77	83	87	89	89	92	92	97	100
Ägypten	17	40	42	49	59	70	83	86	86	86	94	100
Senegal	10	22	36	47	56	66	74	84	92	96	98	100

3.3.1 Kelchwachstum in Abhängigkeit vom Alter

Bei allen Herkünften wuchsen die Kelche sehr schnell und erreichten ihre maximale Länge und den größten Durchmesser meist nach 20 Tagen, nur bei der senegalischen Herkunft erst nach 30 Tagen (Abb. 2). Im Alter von 50 Tagen trat bei vielen Kelchen eine leichte Abnahme ein und

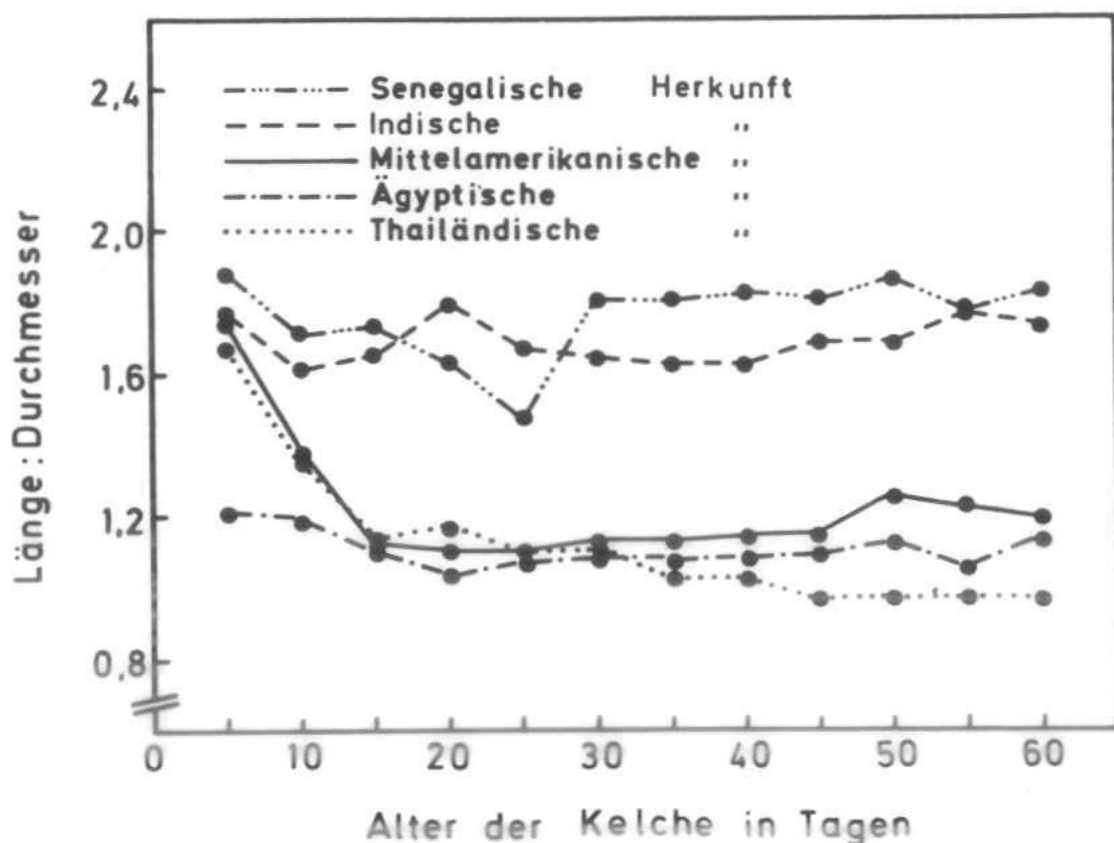


Abbildung 4: Verhältnis von Länge und Durchmesser der Kelche in Abhängigkeit vom Alter

nach 60 Tagen schrumpften sogar einige Kelche, besonders bei der mittelamerikanischen und ägyptischen Herkunft (Abb. 3).

Das Wachstum der Kelche war bei allen Herkünften ähnlich. Unterschiede ergaben sich im Verhältnis Länge/Durchmesser der Kelche (Abb. 4). Ein großes Verhältnis, also lange Kelche, ergab sich bei der senegalesischen und indischen Herkunft. Bei der mittelamerikanischen, thailändischen und ägyptischen Herkunft war das Verhältnis kleiner, die Kelche waren also relativ breiter.

3.3.2 Kelchwachstum in Abhängigkeit vom Vorhandensein des Fruchtknotens

Das Entfernen der Fruchtknoten hatte bei den darauf untersuchten Herkünften (aus Indien, Mittelamerika und Thailand) die sofortige Verlangsamung des Kelchwachstums zur Folge. Zehn Tage später fielen die Kelche ab. Am Beispiel der mittelamerikanischen Herkunft ist diese Reaktion in Abb. 5 dargestellt.

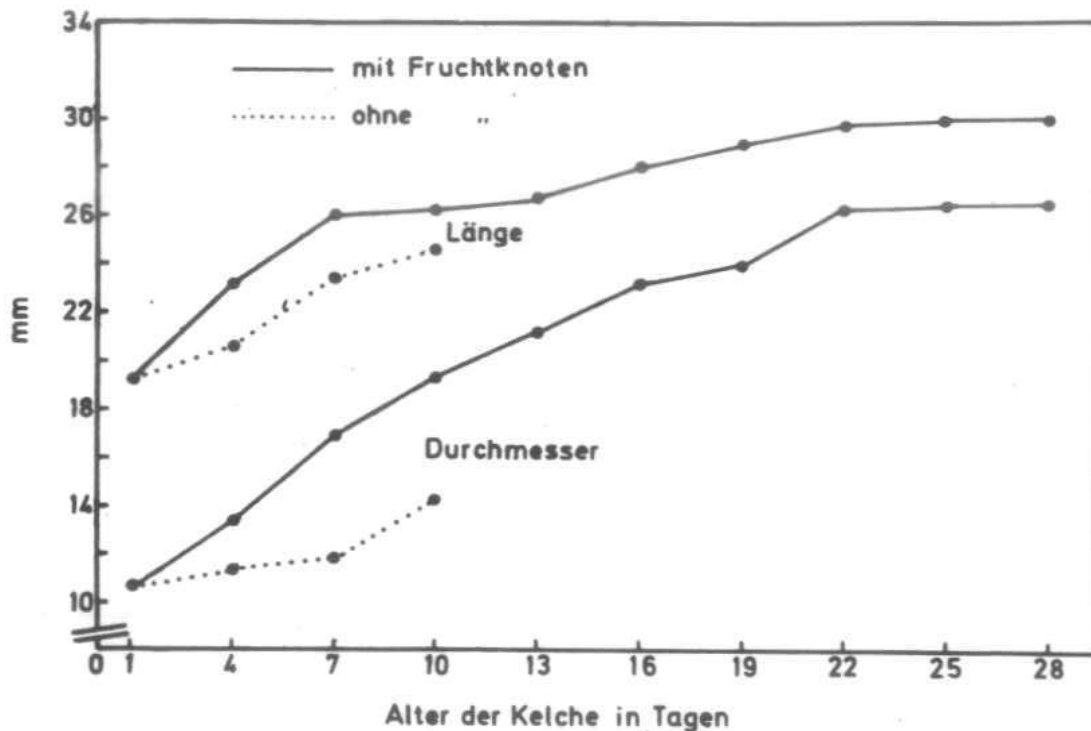


Abbildung 5: Kelchwachstum der mittelamerikanischen Herkunft in Abhängigkeit vom Fruchtknoten.

3.4 Reifegrad der Kelche

Die „Reife“ der Kelche ist an ihrem Aussehen kaum festzustellen. Als Kennzeichen kann nur die Reife der Kapseln dienen. Sie macht sich da-

durch bemerkbar, daß sich die Farbe von grün in braun ändert, die Kapseln hart werden und beginnen sich zu öffnen. In diesem Stadium befinden sich die harten Samen noch in den Kapseln.

Die Kelche der untersuchten Herkünfte erreichten diesen Reifegrad in unterschiedlichem Alter. Während die thailändische und ägyptische Herkunft dafür 40–45 Tage brauchten, benötigten die indische, senegalesische und mittelamerikanische Herkunft 45–50 Tage.

4. Diskussion

Auch wenn durch Verwendung von Gewächshäusern und Klimakammern gutes Wachstum und reiche Frucht- und Kelchentwicklung erzielt wurden, lassen sich die Ergebnisse dieser Arbeit nicht ohne weiteres auf den Anbau von Karkadeh in tropischen oder subtropischen Ländern übertragen. Tageslänge, Temperaturen, Lichtintensität und Lichtqualität des tropischen Standorts lassen sich in gemäßigttem Klima nur zum Teil reproduzieren. Trotzdem können die vorgelegten Ergebnisse Anregungen für eine Verbesserung der Produktionsverfahren geben.

Kelchwachstum in Abhängigkeit vom Alter: Das Kelchwachstum bei *H. sabdariffa* ist bislang in der Literatur nicht behandelt worden. Lediglich Brand (1942) bemerkte hierzu anhand einer ägyptischen Probe, „daß die Kelche sich nach der Fruchtreife weiter entwickeln, also größer und fleischiger werden“. Unsere Ergebnisse bei allen Herkünften konnten diese Beobachtung nicht bestätigen. Die voll entwickelten Kelche (20–30 Tage nach der Blüte) behielten längere Zeit mit sehr leichten Veränderungen ihre Größe und erst im letzten Stadium (ab 55 Tage) trat eine deutliche Abnahme ein. Daher sollte der Erntetermin zwischen dem 20. bzw. 30. und 55. Tag liegen.

Die an den Kapseln zu erkennenden Reifeanzeichen helfen, daß lediglich reife Kapseln bzw. Kelche gepflückt werden und somit die beste Karkadeh-Qualität realisiert wird. Als wichtigstes Nebenprodukt können von solchen Kapseln ohne nennenswerte Mehrarbeit die Samen, die etwa 17% gutes Öl enthalten, gewonnen werden.

Das Kelchwachstum kann durch pflanzenbauliche Maßnahmen begünstigt werden, so daß höhere Erträge erreicht werden: Bei früher Ernte der ersten Kelche wird nicht nur die Zahl, sondern auch die Größe der später gebildeten Kelche positiv beeinflusst.

Kelchwachstum in Abhängigkeit vom Fruchtknoten: Wachstumsstoffe (z.B. Auxin) werden vor allem in aktiven meristematischen Geweben wie z.B.

in wachsenden Embryonen gebildet. Die von den Samenanlagen abgegebenen Wuchsstoffe fördern das Fruchtwachstum (Libbert 1974). Der Zusammenhang zwischen Wuchsstoffbildung in wachsenden Samen und der Fruchtentwicklung ist z.B. bei Äpfeln sehr intensiv untersucht worden; bei Entfernung der Samen wurde das Fruchtwachstum verhindert bzw. wurden die Früchte abgeworfen (Leopold 1964). Das postflorale Kelchwachstum von *H. sabdariffa* hängt offenbar genauso wie das Wachstum fleischiger Früchte von der Wuchsstoffproduktion der sich entwickelnden Samen ab.

Verzweigung: Die Apikaldominanz kann darauf zurückgeführt werden, daß die Endknospe Auxin (IES) in die Achse abgibt (Libbert 1974). Meyer et al. (1973) legten dar, daß mehrere Hormone an diesem Prozeß beteiligt sein können. Die hierzu aufgestellten Hypothesen sind von Tucker und Mansfield (1973) zusammengestellt worden. Unsere Versuche zeigten, daß *H. sabdariffa* eine starke Apikaldominanz besitzt, die durch Entfernung der Sproßspitze gebrochen wird. Auch das Auspflanzen in's Freiland, d.h. das Aussetzen der Pflanzen der natürlichen Strahlung, brach in unserem Versuch die Apikaldominanz. Ein solches Ergebnis wurde auch von Nakamura (1965) bei *Pisum sativum* L. festgestellt. Jedoch ist der genaue Mechanismus des Lichteffektes noch unbekannt (Pillet und Gaspar 1968).

Für die Praxis ist eine Dekapitation der jungen Pflanzen besonders für unverzweigte Formen wie „UmBugja“ im Sudan (McLean 1973), aber auch für schwach verzweigte Formen zu empfehlen.

Blühsystem: Über das Blühsystem (Blütenzahl und zeitliche Blütenverteilung) bei *H. sabdariffa* ist in der Literatur nichts veröffentlicht. Pflanzenbauliche Maßnahmen können das Blühsystem modifizieren. Durch eine frühe Ernte der ersten Früchte treiben die ruhenden Blütenknospen aus, und dadurch verlängert sich die Gesamtblütezeit.

Wird eine Konzentrierung der Ernte (z.B. für maschinelles Pflücken) angestrebt, so scheint sich die Herkunft aus Mittelamerika aufgrund ihres Blühsystems (siehe Abb. 1) am besten hierzu zu eignen. Die ägyptische und die senegalische Herkunft müssen in jedem Fall mehrfach geerntet werden.

5. Zusammenfassung

Die sehr ausgeprägte Apikaldominanz wurde durch Dekapitation gebrochen und dadurch eine bessere Verzweigung und eine höhere Frucht-

zahl erzielt. Die Blütezeit erstreckte sich über eine lange Zeitspanne, wobei in 3 der 5 Herkünfte die Bildung der meisten Blüten konzentriert in den ersten Wochen erfolgte.

Die größten Kelche hatte die senegalische Herkunft, gefolgt von der indischen und mittelamerikanischen. Die Kelche brauchten 20–30 Tage zum Erreichen ihrer maximalen Größe. Optimaler Pflückzeitpunkt ist die Vollreife der Kelche; dieses Stadium wurde je nach Herkunft zwischen 40–50 Tagen nach dem Abwerfen der Corolla erreicht. Eine Entfernung des Fruchtknotens führt zum Abwerfen des Kelches. Möglichkeiten der Übertragung dieser Ergebnisse in den praktischen Anbau werden diskutiert.

Summary

The strong apical dominance was broken by decapitation thus inducing full branching and a higher number of fruits. Flowering lasted for a long period of time, but in 3 out of 5 strains most of the flowers were initiated during the first weeks. The Senegalese strain formed the largest calyces, followed by the Indian and the Central American strain. Maximal sizes of the calyces were registered about 20–30 days after flower shed.

Optimal harvest date was the stadium of full ripeness, which is reached 40–50 days after shedding of the corolla. The removal of the ovary resulted in a shedding of the calyx. The application of the results to cultivation methods is discussed.

Literaturverzeichnis

1. Brand, R. (1942): Beitrag zur Kenntnis von Karkade und ihrer Inhaltstoffe. Diss. Basel
2. El Afry, M. M. (1978): Untersuchungen zur Morphologie, Anatomie, Physiologie und zum Schleim- und Pektin Gehalt von Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*). Diss. Göttingen
3. El Afry, M. M., Prinz, D. und Rehm, S. (1979): Untersuchungen zur Morphologie von Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*). Tropenlandwirt 80, 83–93
4. Khafaga, E. (1976): Der Einfluß von Reifegrad und Trocknungsverfahren auf die Qualität von Karkadeh (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*). Diss. Göttingen
5. Leopold, A. C. (1964): Plant Growth and Development. McGraw-Hill, New York

6. Libbert, E. (1974): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., Gustav Fischer, Jena
7. Mansour, B. M. M. (1975): Effect of temperature and daylength on growth and flowering of roselle, *Hibiscus sabdariffa* L. *Scientia Horticulturae* 3, 129–135
8. McLean, K. (1973): Roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) or Karkadeh as a cultivated edible plant. Sudan Food Research Centre AGS-SUD/70/543, Khartoum
9. Meyer, B. S., Anderson, D. B., Bohning, R. H. and Fratianne, D. G. (1973): Introduction to Plant Physiology. 2. Aufl., Van Nostrand, New York
10. Nakamura, E. (1965): Studies on the branching in *Pisum sativum* L. Special Rep. Lab. Hort., Shiga Agricultural College (Japan). Zit. nach Phillips, 1969
11. Phillips, I. D. S. (1969): Apical dominance. In: Wilkins, M. B. (Ed.). *Physiology of Plant Growth and Development*. McGraw-Hill, New York
12. Pilet, P. E. et Gaspar, Th. (1968): Le catabolisme auxinique. Masson et Cie, Paris. Zit. nach Tucker and Mansfield, 1973
13. Rehm, S. und Espig, G. (1976): Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. Ulmer, Stuttgart
14. Talukdar, S. (1952): Photoperiodic behaviour of *Hibiscus sabdariffa*, L.N.P.5. *Nature* 13, 458–459
15. Tucker, D. J., and Mansfield, T. A. (1973): Apical dominance in *Xanthium strumarium*. *J. Exp. Bot.* 24, 731–740