Technologiczne możliwości wykorzystania wyodrębnionych biotypów *Yucca filamentosa* L. na tle anatomicznego porównania liści

Possibilities of technological exploitation of selected *Yucca filamentosa* L. biotypes.
Studies on the basis of anatomical leaf comparison

ZDZISŁAW KRZYSZTAŁOWSKI

Badania nad anatomiczną budową liścia jukki były przeprowadzane przez nielicznych autorów: V e t i l l a r d (1876), D o d g e (1897), T r e l e a s e (1902), C a m i n (1937).

Liść jukki włóknistej posiada mocno zgrubiałą, pokrytą substancjami woskowymi skórę, w której tak po stronie górnej, jak i dolnej występują otwory szparkowe. W przekroju anatomicznym komórki epidermy wykazują silne zgrubienie zewnętrznych ścian, natomiast ściany wewnętrzne są delikatne. Jeśli chodzi o rozmieszczenie szparek oddechowych, trudno jest ustalić różnice między stroną górną i dolną liścia. Są one, jak to ma miejsce również u innych roślin kserofitycznych, w mniejszym lub większym stopniu wgłębione i posiadają słabe listwy zgrubiające. Wgłębienie to powstało, jak podaje S c h u l z e R. (1893), na skutek uwypuklenia się graniczących komórek epidermy.

Pod skórą tak na górnej, jak i dolnej stronie liścia, znajdują się warstwy tkanki asymilacyjnej bogatej w chloroplasty. Jest to szczególnie widoczne u podstawy liścia, gdzie występują 3 rzędy specjalnej tkanki asymilacyjnej w przeciwieństwie do wyżej leżącej części liścia, która ma chloroplasty bardziej równomiernie rozłożone na całym przekroju (C a m i n E. 1937—38). P ö s c h l (1932) podaje, że zawartość chlorofilu jest wyższa po stronie wierzchniej liści niż na stronie dolnej.

W środku przekroju liścia znajduje się podstawowa dość luźna tkanka miękkiszowa, składająca się z cienkościennych okrągłych komórek parenchymatycznych zawierających chloroplasty. W tkance tej można zaobserwować komórki zawierające rafidy szczawianu wapnia.

W tkance miękkiszowej występują rozrzucone w masie miększu, kollarne wiązki, wykazujące typową budowę dla roślin jednoliściennych.

Składają się one z tkanek; drewna i łyka, otoczonych w kształcie sierpa sklerenchymatyczną tkanką włóknistą. Wiązki te pod względem swojej budowy anatomicznej wykazują różnice, które są bardzo interesujące z technologicznego punktu widzenia, ponieważ wiążą się one z zagadnieniem wydajności i jakości otrzymywanego włókna.

Różnice te dotyczą wielkości, kształtu wiązek, występowania i procentowego udziału drewna, łyka i włókna w wiążkach, budowy i kształtu komórek włókna oraz właściwości chemicznych włókien. Powodem tych różnic mogą być następujące okoliczności:

Ryc. 1. Przekrój poprzeczny przez liść *Yucca filamentosa* L. w środku jego długości.

przed wszystkim gatunek jukki, a w przypadku *Yucca filamentosa* wyodrębnione biotypy, następnie warunki rozwoju rośliny i w końcu rozmieszczenie elementów w liściu (podstawa, środek, wierzchołek).

Wzajemne oddziaływanie tych wszystkich czynników odzwierciedla się w fakcie wahań jakości i ilości włókna.

Przy rozpatrywaniu jakiegokolwiek pojedynczego liścia natrafia się na wyraźne różnice w miarę tego czy będzie się badało jego dolną część, środkową,

czy też wierzchołek. Ogólnie ilość wiązek na różnych wysokościach liścia — z wyjątkiem części szczytowej nie wykazuje zbyt wielkich różnic.

Jak podaje Engler A. (1889, 1934), w pędzie podziemnym u *Y. filamentosa* poszczególne wiązki są od siebie odseparowane.

Na przekroju poprzecznym są one najczęściej rozmieszczone spiralnie, zgodnie z układem liści. Ilość wiązek w dolnej części pionowego pędu podziemnego jest większa niż w górnej, gdzie znajdują się podstawy liści, gdyż rozchodzą się one do poszczególnych liści.

U gatunku *Yucca filamentosa* międzywęźla pędu są do tego stopnia skrócone, że trudno je rozpoznać i wydaje się, że na tak skróconej łodydze liście nie są rozmieszczone kolejno, jedno nad drugim, lecz osadzone jakby w jednej płaszczyźnie.

Poniżej przedstawiono trzy zdjęcia (negatywy) przekrojów poprzecznych przez pęd podziemny jukki i zdjęcie wyjaśniające miejsca, z których wykonano przekroje. Negatywy wykonano bezpośrednio z preparatów anatomicznych w rzutniku fotograficznym. Odległość płaszczyzny preparatu od papieru fotograficznego wynosiła 53 cm. Zdjęcia te wyjaśniają fakt, że z każdego liścia przechodzi do skróconej łodygi cała grupa wiązek, które przenikają głęboko do wnętrza. Później schodzą wzdłuż pędu podziemnego w dół, nie pionowo, jak jest u roślin dwuliściennych, ale pod kątem do osi pędu w kierunku jego powierzchni. Taki kierunek tłumaczy, dlaczego są one rozrzucone w części środkowej przekroju poprzecznego, a bardziej skupione na obwodzie — szczególnie u dolnej części pędu podziemnego.

Ryc. 2. Podstawa pędu podziemnego *Yucca filamentosa* L.

Ryc. 3. Środek pędu *Yucca filamentosa* L.

Ryc. 4. Przekrój poprzeczny pędu *Yucca filamentosa* w górnej jego części, miejsce tuż pod podstawą pierwszego liścia rozety nadziemnej

Ryc. 5. Część nad- i podziemna z uwidocznieniem miejsc, z których pochodzą przekroje anatomiczne pędu podziemnego

Ilość wiązek, jaką obserwuje się w dojrzałym liście, jest określona od samego początku rozwoju liścia. Może się ona nieco w przekrojach poprzecznych zmieniać z różnych przyczyn, np. gdy w późniejszym stadium wegetacyjnym liścia wiązka rozpadnie się na kilka części lub gdy parenchyma położona wokół obumiera. Wówczas wiązka zbliżona do powierzchni liścia (na skutek zdrewnienia i zachodzących, związanych z tym, procesów chemiczno-fizycznych), zmienia swe położenie w liście i w końcu wydobywa się

Ryc. 6. Regularnie zbudowana wiązka ze środka liścia. Widoczne półksiężcowate podkłady włókna

Ryc. 7. Mała wiązka czystego włókna

z liścia, zwisając na zewnątrz w formie nitek charakterystycznych dla *Yucca filamentosa*, które przyczyniły się też do ustalenia nazwy tego gatunku (Engler A. — Prantl K. 1889, 1934).

W samej budowie wiązek, w zależności od umiejscowienia w przekroju, zachodzą również pewne różnice. Największe i najregularniej zbudowane wiązki, występując w tkance miękkiszowej, są nieco zbliżone do górnej powierzchni liścia. Układają się one swymi łykami w kierunku najbliższej położonej skórki liściowej, a drewno zwraca się w kierunku przeciwnym. Szereg wielkich wiązek przewodzących, znajdujących się w środku liścia, zwraca swoją część łykową ku dolnej stronie liścia. Następnie, w miarę posuwania się od wnętrza liścia w kierunku partii zewnętrznych, wiązki stają się coraz mniejsze, gdyż tak łyko, jak i drewno ulegają redukcji. Zupełnie brzeżne partie liścia zawierają wyłącznie czyste wiązki włókien sklerenchymatycznych, stanowiące tkankę mechaniczną.

Gwałtowność zachodzących zmian w budowie i wielkości wiązek uzależniona jest też od miejsca w przekroju poprzecznym liścia. W środku liścia,

w najgrubszej jego części, zmiany zachodzą wolniej w przeciwieństwie do cienkich miejsc liścia, najbardziej oddalonych od środka szerokości, gdzie następuje szybsze przejście od wiązek przewodzących w pełni wykształconych do peryferyjnych, zredukowanych wiązek włókien mechanicznych.

Ogólnie można przyjąć, że wiązki w liście mają jednak pewien układ systematyczny. C a m i n E. (1937—38), oprócz wiązek normalnie położonych, leżących osobno w przekroju poprzecznym, oddzielonych od siebie w swoim przebiegu wzdłuż, wyróżnia jeszcze inne ułożone poprzecznie lub skośnie do górnej lub dolnej powierzchni liścia. Prawdopodobnie są to bardzo delikatne, i trudno zauważalne, poziome lub skośne połączenia wiązek przebiegających wzdłuż. Pewnych technologicznych sugestii tego można się dopatrywać w wynikach pracy A. Th. C z a j i (1941), który badał wszechstronnie elementarne włókna jukki.

Występują również anomalie w budowie wiązek. Mogą być takie, w których pokłady włókna po jednej stronie zupełnie nie będą wykształcone, albo też takie, u których będzie ono wykształcone słabiej, podczas gdy po drugiej stronie wiązki wytworzy się normalnie. W wypadku bliskiego położenia dwóch wiązek mogą się one połączyć i wówczas występują dwie części drewna, a między nimi dwie grupy komórek włókien (C a m i n E. 1937—38, P ö s c h l V. 1932).

BADANIA WŁASNE

Własne badania anatomiczne miały na celu ustalenie różnic w ilości wiązek w wyodrębnionych biotypach, co może mieć ewentualny wpływ na ilość i jakość otrzymywanego włókna.

Celem przeprowadzania badań i porównań anatomicznych w wyodrębnionych biotypach, pobrano ze zbioru letniego liście a z nich wycinki 3 cm ze środka długości całkowitej. Prace anatomiczne obejmują biotypy 1, 2 (wyłączone następnie ze szczegółowych pomiarów morfologicznych), 3, 4, 5 i 6.

W tabeli 1 podano zestawienie średnich pomiarów morfologicznych wyodrębnionych liści¹.

Metodyka przygotowania materiału polegała na uprzednim utrwalaniu wycinków przez 48 godzin w mieszaninie spirytusu, gliceryny i wody destylowanej w stosunku 1:1:1. Następnie przeprowadzono 5 kąpielei mających na celu stopniowe ich odwodnienie. Przez pierwsze 10 godzin kąpano je w wodzie destylowanej, następnie zaś odwadniano w alkoholach: w 30% przez 3 godziny, w 50% przez 8 godzin, w 70% przez 19 godzin, w 95% przez 19 godzin i w absolutnym (100%) przez 18 godzin. Rozjaśnienie obiektów wykonywano w mieszaninie ksylenu ze spirytusem etylowym,

¹ Omówienie metodyki nad wyodrębnieniem biotypów jukki włóknistej zostanie podane w osobnym artykule.

TABELA 1

Średnie pomiarów morfologicznych liści wyodrębnionych biotypów

Nr Bio- typu	Dłu- gość całko- wita liścia cm	Szerokość liścia w mm				Grubość liścia w mm				Odle- głość środk przewę- żenia od pod- stawy w mm
		u pod- stawy	w naj- węższej szero- kości przewę- żenia	w środ- ku dłu- gości całko- witej	10 cm od szczytu liścia	u pod- stawy	w naj- węższej szero- kości	w środ- ku dłu- gości cał- kowitej	10 cm od szczytu liścia	
1	60,4	35,1	16,7	33,0	15,6	6,57	4,01	1,44	0,59	48
2	55,1	30,3	17,6	40,0	23,1	6,72	4,62	1,57	0,72	43
3	54,4	18,1	13,8	27,1	15,3	4,22	3,00	0,90	0,46	39
4	54,4	22,1	14,0	26,4	15,1	3,00	2,51	0,73	0,45	35
5	59,1	34,3	22,8	49,3	25,2	6,27	3,76	0,98	0,51	37
6	45,6	20,7	16,5	31,3	19,9	3,36	2,62	0,73	0,47	25

zwiększając ciągle dawkę ksylenu od 25% przez 36 godzin, poprzez 50% przez 12 godzin i 75% przez 6 godzin do 100% ksylenu, którym macerowano przez 12 godzin. Następnie po zlanii ksylenu wycinki zalano parafiną i wstawiono do termostatu na 48 godzin, gdzie utrzymywano temperaturę 56°C. Parafinę dwukrotnie zmieniano — zalewając nową. Utrzymanie tej temperatury powodowało parowanie ksylenu z tkanek, na miejsce którego wnikała płynna parafina. Ten tok postępowania w pewnym stopniu niwelował znaczne różnice w twardości skórki, wiązek oraz otaczających tkanek i umożliwiał otrzymanie preparatów przy pomocy mikrotomu z wycinków zatopionych w blokach parafinowych.

Dla przykładu podaje się, że np. E. C a m i n (1937—38) dla otrzymania całych preparatów liścia i włókna technicznego, zatapiała obiekty w celodynie, a do badań włókien elementarnych używała perhydrolu stosując macerację według K i s s e r a. Natomiast T o b l e r dla uzyskania skrawka przekroju liścia zaleca kranie go po uprzednim moczeniu w mieszaninie glicynowo-alkoholowej (C a m i n E. 1937—38). Do badań własnych wykonano preparaty anatomiczne liści 6 biotypów w 5 powtórzeniach i utrwalono je w balsamie kanadyjskim.

Przeliczano wiązki przewodzące duże, normalnie wykształcone i zredukowane małe wiązki włókien mechanicznych leżące najczęściej na obrzeżach przekroju poprzecznego liścia. (tab. 2).

Różnice graniczne

1) dla wiązek dużych = 8,8

2) dla wiązek małych = 20,5

3) dla wszystkich wiązek
w przekroju liścia = 21,7

TABELA 2

Zestawienie przeliczeń ilości wiązek w przekroju poprzecznym liścia

Biotyp		Powtórzenia					Średnia ilość wiązek
		1	2	3	4	5	
1	1*	61	53	65	61	59	59,8
	2	100	136	76	116	110	107,6
	3	161	189	141	177	169	167,4
2	1	54	69	52	60	66	60,2
	2	91	107	86	71	86	88,2
	3	145	176	138	131	152	148,4
3	1	56	78	72	62	58	65,2
	2	89	82	86	76	103	87,2
	3	145	160	158	138	161	152,4
4	1	56	73	61	59	57	61,2
	2	36	45	50	30	44	41,0
	3	92	118	111	89	101	102,2
5	1	78	85	84	93	81	84,2
	2	125	144	123	153	151	139,2
	3	203	229	207	246	232	223,4
6	1	59	63	73	60	62	63,6
	2	45	81	54	87	40	61,4
	3	104	144	127	147	102	125,0

- * 1 — wiązki duże + 2 końcowe;
 2 — wiązki małe;
 3 — suma wiązek.

Aby otrzymać ścisłą odpowiedź na pytanie dotyczące różnic w ilości wiązek w liściach wyodrębnionych biotypów, przeprowadzono analizę statystyczną.

Przeliczono pojedynczą analizę wariancji, na podstawie której obliczono F empiryczne $S n e d e c o r a$ (F_e). W przypadku gdy F_e było większe od F tablicowego (dla poziomu istotności $P = 0,05$) obliczano różnicę graniczną dla danych kombinacji (najmniejszą różnicę udowodnioną = t_{SD}). Różnice między średnimi ilościami wiązek rozpatrywanych biotypów, przekraczające różnicę graniczną, traktuje się jako istotne.

Największą ilością wiązek dużych wykazały się liście wyodrębnionego biotypu 5 (84,2). Pozostałe biotypy charakteryzowały się niższymi ilościami. Wahania ilości wiązek dużych w przekrojach anatomicznych liści biotypów 1, 2, 3, 4 i 6 mieszczą się w granicach od 59,8 (1) do 65,2 sztuk.

Występowanie wiązek małych w liściach poszczególnych biotypów jest bardziej zróżnicowane.

Największą ilością wiązek małych charakteryzują się przekroje poprzeczne liści biotypu 5 (139,2), następnie grupa 1, 3, 2 (107,6 — 87,2 — 88,2), następnie 6 (61,4) i w końcu biotyp 4 (41,0), który ma najmniejszą ilość wiązek. Wszystkie różnice między tymi grupami są istotne.

TABELA 3

Srednie występowanie wiązek dużych i małych w procentach w stosunku do ogólnej ilości wiązek

Biotyp nr	5	1	3	2	Srednia dla grupy 1, 3, 2	6	4
% występowania wiązek dużych	37,69	35,72	42,78	40,57	39,69	50,88	59,88
% występowania wiązek małych	62,31	64,28	57,22	59,43	60,31	49,12	40,12
Srednia ogólna ilość wiązek przyjęta za 100 %	223,4	167,4	152,4	148,4	156,1	125,0	102,2

Całkowita ilość wiązek w przekroju wykazuje podobne zróżnicowanie do zróżnicowania dla ilości wiązek małych.

Największą ilością wiązek charakteryzują się przekroje poprzeczne liści biotypu 5 (223,4), następnie grupy biotypów 1, 3, 2 (167,4 — 152,4 — 148,4),

Ryc. 8. Wyodrębniony, szerokolistny biotyp nr 5

następnie 6 (125,0) i w końcu biotyp 4 (102,2), który ma najmniejszą ilość wiązek. Wszystkie różnice między tymi grupami, przy najmniejszej różnicy udowodnionej wynoszącej 21,7 są istotne.

Zestawienie powyższe daje bardzo ciekawy obraz. Zauważa się bowiem, że w miarę zmniejszania się ogólnej ilości wiązek w przekroju poprzecznym liścia od biotypu 5, mającego największą ilość wiązek, poprzez grupę biotypów 1, 3, 2, biotyp 6 do biotypu 4, charakteryzującego się najmniejszą ilością wiązek, wzrasta procentowy udział wiązek dużych, a maleje procentowy udział wiązek małych. Ma to poważne znaczenie technologiczne.

DYSKUSJA I OMÓWIENIE WYNIKÓW

We włóknie technicznym otrzymanym z liści jukki, dają się wyróżnić dwie, podobnie wielkie grupy włókien; grube, ordynarne i delikatniejsze. Nasilenie ich występowania odpowiada stosunkom dającym się zauważyć w anatomicznym przekroju poprzecznym liścia. Włókna ordynarne i grube odpowiadają dużym wiązkom znajdującym się w środku liścia, a włókna delikatniejsze wiązkom małym mającym ułożenie peryferyjne; tuż pod skórą liścia. U pierwszych grubych, gdzie pokłady włókna w przekroju poprzecznym przypominają kształtem półksiężyc lub nawet półkola, komórki elementarne są większe, o większym świetle i cieńszej błonie komórkowej, podczas gdy drugie, delikatniejsze i mające pokłady włókna w większości wypadków koliste, charakteryzują się mniejszymi, ściślej ułożonymi komórkami elementarnymi, o mniejszym świetle, przy czym z drugiej strony ściany komórek są grube.

Wg badań A. Th. Czajki (1941) wiązki zewnętrzne, małe w stosunku do dużych wiązek leżących wewnątrz liścia, posiadają ściślejszą budowę ścian komórek elementarnych włókna przy silniejszym zdrewnieniu tak blaszek środkowych, jak i całych wiązek.

Ogólnie stopień zdrewnienia komórek elementarnych wzrasta w miarę posuwania się do wnętrza wiązek. Podobnie struktura ścian komórek elementarnych położonych wewnątrz jest ściślejsza niż na brzegu wiązek. Ma to ścisły związek z faktem, że otrzymane przez Czajkę (1941) cieńsze włókna, których Nm wahał się w granicach od 102 do 204, charakteryzowały się średnim samozrywem 41,6 km, podczas gdy grube włókna, których Nm wynosił od 58—97, miały samozryw 35,8 km.

Numer metryczny (Nm) włókna jest liczbą niemianowaną charakteryzującą jego stopień cienkości. Oblicza się go ze stosunku długości do ciężaru wyrażonego w jednostkach miar: mm/mg, m/g, km/kg.

Samozryw w kilometrach (S km) charakteryzując wytrzymałość jest teoretyczną długością włókna, przy której następuje zerwanie pod własnym ciężarem. Oblicza się praktycznie z iloczynu numeru metrycznego (Nm) i wytrzymałości na zerwanie wyrażonej w kg.

Liście wyodrębnionego biotypu 5, poza tym że charakteryzują się w anatomicznym przekroju poprzecznym największą ilością wiązek, mają największy udział wiązek małych o cechach umożliwiających otrzymanie największego procentu włókien delikatnych.

Należy podkreślić, że procentowe udziały, przeliczonych w przekrojach anatomicznych wiązek nie odpowiadają wprost procentowym udziałom włókien grubych, ordynarnych, zbliżonych długością do długości liści i włókien delikatnych krótszych, gdyż te ostatnie udziały otrzymujemy na podstawie danych wagowych. Na wartość danych wagowych wpływa ciężar włókna poszczególnych frakcji bez uwzględnienia numerów metrycznych Nm.

Otrzymane wyniki badań anatomicznych dają pewien pogląd na możliwości wykorzystania włókna wyodrębnionych biotypów w praktyce i związane z tym kierunki hodowli.

Zakładając z góry, że uzyskiwane z liści jukki włókno techniczne jest przeważnie włóknem twardym, szorstkim i ordynarnym należy przypuszczać, że włókno pochodzące z liści biotypów 4 i 6 będzie najodpowiedniejsze na wyroby grube: powrozy liny, a z biotypu 5 na wyroby delikatniejsze. Wydaje się, że rośliny biotypu 5, szerokolistne są predestynowane do specjalnego zainteresowania w hodowli tych roślin.

STRESZCZENIE

Wyodrębniono kilka biotypów jukki włóknistej, których liście badano anatomicznie.

Ustalono ilościowe występowanie dużych i małych wiązek czystego włókna. Nasilenie występowania wiązek w przekrojach anatomicznych odpowiada stosunkom dającym się zauważyć we włóknie technicznym otrzymanym z liści jukki, gdzie wyróżnia się dwie, wielkie grupy włókien: 1. grube, ordynarne i 2. delikatniejsze.

Włókna ordynarne i grube odpowiadają dużym wiązkom znajdującym się w środku liścia, a włókna delikatniejsze wiązkom małym mającym ułożenie peryferyjne, tuż pod skórka liścia.

Wśród wyodrębnionych biotypów wybija się nr 5, charakteryzujący się anatomicznym przekrojem o największej sumarycznej ilości wiązek, przy bardzo dużym udziale wiązek małych (62,31%) i najmniejszym udziale wiązek dużych (37,69%).

Zakładając z góry, że uzyskiwane z liści jukki włókno techniczne jest przeważnie włóknem twardym, szerokim i ordynarnym należy przypuszczać, że włókno z liści pochodzących z biotypu 5 będzie odpowiedniejsze na wyroby delikatniejsze.

SUMMARY

At the experimental field station of the Higher Agricultural School at at Swadzim, near Poznań, a few bio-types of fibrous yucca were selected and their leaves were anatomically studied. The occurrence of large, regularly, built vascular bundles with crescent-shaped fibre layers and small bundles of pure fibre was established quantitatively.

The occurrence intensity of bundles in anatomical cross sections corresponds to the relations observed in technical fibres obtained from yucca leaves, where two bigger groups of fibers, i.e. the coarse and the more tender may be distinguished. Coarse and thick fibres correspond to the large bundles occurring in the middle of a leaf, and the tender ones correspond to the small bundles, which have a periferial situation immediately beneath the epidermis.

Among the selected bio-types, no. 5 comes into prominence, and is characterized by largest total amount of bundles, with a very large percentage of small bundles (62,31%) and the smallest percentage of large bundles (37,69%).

The results of anatomical studies obtained, give some orientation concerning the possibilities of a practical exploitation of selected bio-types and their use in relevant plant breeding programs. Accepting, that fibres obtained from yucca leaves are mainly hard, coarse and rough, it may be supposed that the fibre obtained from leaves of the no. 5 bio-type will be more suitable for the more tender products. It appears that plants of the no. 5 bio-type, which have broad leaves, deserve special attention in the breeding of this plant.

LITERATURA

1. Camin E., 1937—38, Beiträge zur Anatomie der *Yucca* und zur Kenntnis ihrer Aufbereitungsmöglichkeiten, Faserforschung, Bd. 13: 214—240, Leipzig.
2. Czaja A.Th., 1941, Untersuchungen über die Yuccafaser und über die Methoden ihrer qualitativen und quantitativen Bestimmung in Mischgarnen und Mischgeweben, Jahrb. d. Techn. Hochschule Aachen, Bd. 1 Aachen.
3. Engler A., Prantl K., 1889, 1934, Die Natürlichen Pflanzenfamilien. 2. Auf., Bd. 5: 70—71, Leipzig. 2. Auf., Bd. 15a: 353, Leipzig.
4. Pöschl V., 1932, Die deutsche Yuccafaser. Eine warenkundliche Studie. Archiv für Pflanzenbau. 9, H. 4: 574—608, Berlin.
5. Schulze R., 1893, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der *Liliaceen*, *Haemodraceen*, *Hypoxidoideen* und *Velloziaceen*. Bot. Jahrb. für System, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. Bd. 17: 295—394, Leipzig.