

Zur Blütenökologie von *Digitalis* L.**Přispěvek ke květní ekologii rodu *Digitalis* L.**

Erich Daumann

Botanisches Institut der Karls-Universität, Benátská 2, Praha 2

Professor Zdeněk Černohorský zum 60. Geburtstag gewidmet

Eingegangen am 13. März 1970

Abstrakt — Zwecks einer möglichst erfolgreichen künstlichen Bestäubung der bedeutsamen Arzneipflanze *Digitalis lanata* EHRH. subsp. *lanata* wurden bei ihr und zum Vergleich auch bei *Digitalis purpurea* L. der Blühvorgang und vor allem Keimfähigkeitsänderungen des Pollens verfolgt. Beide genannten Arten sind selbststeril. Bei *D. lanata* sinkt die Keimfähigkeit des in den Blüten auf den offenen Antheren haftenden Pollens während der Anthese kontinuierlich ab und ist nach etwa 6 Tagen praktisch Null. Bei *D. lanata* und *D. purpurea* nimmt die Keimfähigkeit des Pollens im Blütenstande akropetal ab. Der Pollen aus den unteren Staubblättern von *D. purpurea* besitzt eine grössere Keimfähigkeit als der aus den oberen. *D. lanata* ist auf Grund der intensiven Ausscheidung zuckerreichen Nektars ausserdem auch eine ausgezeichnete Bienenfutterpflanze, deren Blüten von der Honigbiene sehr häufig besucht werden. Der tageszeitliche Rhythmus der Nektarexkretion wurde bei ihr verfolgt. Die Nektarmenge nimmt bei dieser Art im Blütenstande akropetal ab. Bei beiden genannten *Digitalis*-Arten beginnt die Nektarausscheidung erst am 2. Tag der Anthese, erreicht ihr Maximum am 3. bis 4. Tag und kommt vom 6. Tag bis gegen das Ende des Blühvorganges zum Stillstand. Das akropetale Absinken der Pollenkeimfähigkeit und die akropetale Verringerung der Nektarmenge im Blütenstande werden mit ähnlichen Erscheinungen auch bei anderen Pflanzen verglichen. Die verminderte Keimfähigkeit des Pollens der oberen Staubblätter von *D. purpurea* wird phylogenetisch als Rückbildungsercheinung gedeutet.

Einleitung und Zielsetzung

In der vorliegenden Studie werden *Digitalis lanata* EHRH. subsp. *lanata* und *D. purpurea* L. berücksichtigt. Der osteuropäische Wollige Fingerhut hat in den letzten Jahrzehnten an medizinischer Bedeutung gewonnen und wird nun auch in der Tschechoslowakei in steigendem Masse angebaut. Grund dafür sind verschiedene Vorzüge der Wolligen Fingerhut-Medikamente gegenüber den Roten Fingerhut-Präparaten, so vor allem die gute Resorptionsfähigkeit nach oraler Zufuhr und der rasche Wirkungseintritt mit einem günstigen diuretischen Effekt und einer schnellen Elimination, was die Kumulationsgefahr bedeutend herabmindert (WIRTH 1961). Da es wünschenswert erschien, verschiedene Lebensvorgänge der Blüte von *D. lanata* insbesondere im Hinblick auf eine erfolgreiche künstliche Bestäubung genauer kennenzulernen, wurden auf Anregung von Herrn RNDr. F. STARÝ CSc., Leiter der Botanischen Abteilung des Forschungsinstitutes für Pharmazie und Biochemie zu Prag, vor allem die Keimfähigkeit des Pollens und die Autofertilität geprüft. Dabei kam auch die Grundlagenforschung nicht zu kurz, da bei der Prüfung sowohl der Pollenkeimfähigkeit als auch der Nektar-

exkretion ebenfalls phylogenetische bzw. allgemein physiologische Aspekte in Betracht gezogen werden konnten.

Die Untersuchungen erfolgten in den Jahren 1962—1968 an in den botanischen Gärten zu Prag und Wien gezogenen Pflanzen, wobei bei manchen Problemstellungen neben *D. lanata* zum Vergleich auch *D. purpurea* Berücksichtigung fand. Es muss bemerkt werden, dass das Prager Untersuchungsmaterial von *D. lanata*, das Herr Dr. STARÝ in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte, in genetischer Hinsicht anscheinend nicht einheitlich war, was insbesondere durch merkbare Unterschiede im Habitus der Pflanzen, in der Grösse, Form und Färbung der Blumenkrone sowie in der Form und Färbung der Blätter und im Grade der Blattbehaarung zum Ausdruck kam. Dieser Umstand, der bei den untersuchten Pflanzen der einheimischen *D. purpurea* nicht auftrat, gereichte den Untersuchungen in gewissem Masse zum Nachteil. Einzelne Pflanzen von *D. lanata*, die anscheinend unter Pilz- bzw. Virusbefall litten, was sich unter anderem durch einen aussergewöhnlich hohen Prozentsatz verkümmelter Pollenkörner anzeigte, wurden in die Untersuchungen nicht einbezogen.

Blühvorgang

Als Voraussetzung für erfolgreiche experimentelle Eingriffe in Lebensvorgänge der Blüte ist es unbedingt erforderlich, den genauen Antheseverlauf zu kennen. Es soll daher zunächst der Blühvorgang der beiden untersuchten Arten im wesentlichen beschrieben werden, wie er an den im botanischen Garten gezogenen Pflanzen beobachtet werden konnte, was allerdings nicht ausschliesst, dass dieser anderorts (besonders bei *D. lanata* an natürlichen Standorten) mehr oder weniger anders erfolgt.

Die Anthesedauer der proterandrischen Blüten von *D. lanata* beträgt 8—10 Tage. Der Anthesebeginn ist durch das Öffnen der Korolle gegeben. Erst während des 2. Tages der Anthese öffnen sich zunächst die Antheren der beiden unteren, mit längeren Filamenten versehenen Staubblätter. Später, und zwar am 4. bis 6. Tage des Blühvorganges, öffnen sich die Antheren der beiden oberen Staubblätter, die bekanntlich kürzere Filamente besitzen. Die beiden Narbenlappen liegen (im Gegensatz zu *D. purpurea*) weder in Blütenknospen, noch zu Anthesebeginn eng aneinander, sie spreizen zu dieser Zeit bereits ein wenig, ohne dass die Narbe funktionsfähig ist. Die Funktionsfähigkeit der Narbe setzt erst am 6. bis 7. Tag der Anthese ein; sie ist von einem stärkeren Auseinanderweichen der beiden Narbenlappen begleitet. Der Funktionsbeginn und die Funktionsdauer der Narbe kann hinreichend empfindlich mit Hilfe der von ZEISLER (1938) ausgebauten Wasserstoffsuperoxyd-Reaktion nach LOPRIORE festgestellt werden; diese Reaktion wurde von mir auch in anderen Fällen erfolgreich angewandt (DAUMANN 1963, 1965, 1967a, 1967b, 1969). Das Ende der Anthese ist durch die Beendigung der Funktionsfähigkeit der Narbe sowie durch das Welken und Abfallen der Korolle gekennzeichnet.

Die ebenfalls proterandrischen Blüten von *D. purpurea* weisen eine kürzere Anthesedauer auf (5—7 Tage) als *D. lanata*, was mit der Angabe von KERNER (1891) übereinstimmt, der für *D. purpurea* eine sechstägige Dauer der Einzelblüte anführt. Schon während des 1. Tages der Anthese öffnen sich die Antheren der beiden unteren, am 3. bis 4. Tage des Blühvorganges die der beiden oberen Staubblätter. Die beiden Narbenlappen liegen (im Gegensatz zu *D. lanata*) in Blütenknospen und zu Anthesebeginn eng aneinander, während des 2. Tages beginnen sie auseinanderzuweichen. Dieser Vorgang schreitet kontinuierlich fort, bis sie am 4. bis 5. Tag des Blühvorganges völlig auseinanderspreizen, und erst jetzt setzt die Funktionsfähigkeit der Narbe ein.

Die Veränderungen der Keimfähigkeit des Pollens, sowie der Rhythmus der Nektarexkretion während der Anthese soll, um Wiederholungen zu vermeiden, in weiteren Kapiteln behandelt werden.

Autosterilität

In nicht wenigen blütenökologischen Arbeiten wird von Selbstbestäubung bei ausbleibender Fremdbestäubung gesprochen, ohne die dabei entscheidende Frage nach Selbstfertilität zu berücksichtigen. Auf Grund des fast ausnahmslosen Fruchtansatzes auch bei andauernd regnerischem Wetter vermutete MÜLLER (1873) bei *D. purpurea* Selbstfertilität, empfiehlt jedoch eine Prüfung dieser Frage im Versuch durch Ausschaltung von Insektenbesuch. Nach DARWIN (zit. bei KNUTH 1899) und KUGLER (1955) ist die genannte Art jedoch selbststeril. Für *D. lanata* liegen in dieser Hinsicht, soweit mir bekannt, keine Angaben vor.

Um diese Frage einer Klärung näher zu bringen, stellte ich während mehrerer Vegetationsperioden mit beiden Arten eine Reihe von Versuchen an. In einigen Versuchsreihen wurden Blütenknospen knapp vor Anthesebeginn mit Stoffsäckchen gegen Insektenbesuch geschützt, wobei diese Säckchen während der ganzen Blütedauer verblieben. Diese so geschützten Blüten setzten in keinem Falle eine Frucht an. In anderen Versuchsreihen wurde an in derselben Weise wie vorher gegen Insekten geschützten Blüten Selbstbestäubung (Autogamie) künstlich durchgeführt. Das Ergebnis war dasselbe wie in den ersteren Versuchsreihen, d. h. auch hier kam es in keinem Falle zu einem Fruchtansatz. Bei künstlich durchgeführter Nachbarbestäubung (Geitonogamie) geschützter Blüten ein- und derselben Pflanze war das Ergebnis ebenfalls negativ, was auf Grund der erfolglosen Autogamie zu erwarten war. In weiteren Versuchsreihen bestäubte ich schliesslich geschützte Blüten, und zwar diesmal allogam. In diesen Fällen kam es in 91,7 % zum Fruchtansatz und zur nachfolgenden Ausreifung der Kapseln, lediglich 8,3 % der künstlich allogam bestäubten Blüten wiesen zwar eine postflorale Anschwellung und Vergrösserung des Fruchtknotens auf, die jedoch aus mir unbekannten Gründen bald zum Stillstand kamen.

Das Ergebnis dieser Versuche deutet darauf hin, dass die Angabe von DARWIN und KUGLER über die Selbststerilität von *D. purpurea* zu Recht besteht und dass auch *D. lanata* weitgehend autosteril ist.

Keimfähigkeit des Pollens

Die ovalen, dreifaltigen Pollenkörner (FISCHER 1890) der beiden untersuchten *Digitalis*-Arten besitzen eine fein netzige Exine und unterscheiden sich der Grösse nach. Die Messung von je 100 Pollenkörnern aus Blüten verschiedener Pflanzen in Luft ergab folgende, unter Weglassung der Dezimalstellen abgerundete arithmetische Mittel: für *D. lanata* $25 \times 17 \mu\text{m}$, für *D. purpurea* $31 \times 19 \mu\text{m}$. Die Pollenkornoberfläche ist reich an Kittstoffen, die besonders die seichten, grubigen Vertiefungen ausfüllen und die Bildung von Pollenklumpen verursachen. Auf Wasser gebracht, runden sich die Pollenkörner beider Arten rasch ab, vergrössern ihr Volumen und platzen meist oder keimen aus. Das rasche Platzen bzw. ausgiebige Keimen des Pollens auf Wasser konnte bereits HALLERMEIER (1922) bei *Digitalis*-Arten beobachten.

Die Keimfähigkeit des Pollens wurde im Laboratorium in Tropfenkulturen bei optimaler Rohrzuckerkonzentration geprüft. Dabei bediente ich mich der Methode von LIDFORSS, wie sie HALLERMEIER (l. c.) anwandte, in Verbindung mit der Methodik von PRUZINSZKY (1960), die in vereinfachter Form zur Anwendung kam; diese kombinierte Methodik hat mir auch in anderen Fällen bei der Prüfung der Keimfähigkeit des Pollens gute Dienste geleistet (DAUMANN 1963, 1967b, 1968). In Vorversuchen ergab sich als optimale Rohrzuckerkonzentration für den Pollen beider *Digitalis*-Arten eine zweiprozentige Lösung mit Kontrolle der Keimung (Pollenschlauchbildung) am geeignetsten nach 2 Stunden. Bei der Auszählung der Pollenkörner wurden durchwegs nur

solche am Rande der Tropfen liegende berücksichtigt, da sich Pollenkörner in der Mitte, d. h. im Innern des Tropfens, unter einigermassen anderen Versuchsbedingungen als am Rande befinden. Für gewisse Fragestellungen verglich ich die Keimfähigkeit des Pollens aus in verschiedener Höhe im Blütenstand befindlichen Blüten, wobei in der Regel die untersten Blüten, solche aus mittlerer Höhe und aus dem Spitzenteil der Infloreszenz in Betracht gezogen wurden (im weiteren als unterstes, mittleres und oberstes Stockwerk des Blütenstandes bezeichnet).¹⁾ Um Fehlerquellen zu vermeiden, schützte ich Blüten, deren Pollen geprüft wurde, immer mit Stoffsäckchen gegen Insektenbesuch.

1. Vergleich der Pollenkeimfähigkeit in verschiedener Höhe des Blütenstandes

Es wurde die Keimfähigkeit frischen, d. h. aus eben sich öffnenden Antheren entnommenen Pollens beider *Digitalis*-Arten aus Blüten der 3 Stockwerke des Blütenstandes geprüft, wobei dieser Pollen immer nur aus den beiden unteren Staubblättern stammte. Bei diesen sowie den folgenden Versuchen wurden nur pralle Pollenkörner berücksichtigt; gerunzelte und anscheinend verkümmerte Pollenkörner, die besonders bei manchen *Digitalis lanata*-Pflanzen verhältnismässig häufig auftraten, wurden, wie bereits einleitend erwähnt, in die Auszählungen nicht einbezogen. Die in Tab. 1 angeführten Keimprozentzahlen sind auf Einer abgerundete Durchschnitts-

Tab. 1. — Pollenkeimprocente in verschiedener Höhe des Blütenstandes

<i>Digitalis lanata</i>			<i>Digitalis purpurea</i>		
Stockwerke			Stockwerke		
unterstes	mittleres	oberstes	unterstes	mittleres	oberstes
76 %	60 %	56 %	78 %	62 %	49 %

werte von je 10 Messungen an 30 beliebigen Pollenkörnern aus Blüten jedes der 3 Stockwerke der Infloreszenz (4 Versuchspflanzen von *D. lanata* und 3 Versuchspflanzen von *D. purpurea*). Die optimalen Keimprocente liegen in meinen Versuchen durchwegs höher als in denen von PRUZINSZKY (l. c.), der für *Digitalis purpurea* nur 10 % und für *D. ambigua* gar nur 5 % angibt.

Die Versuche zeigen, dass bei beiden untersuchten *Digitalis*-Arten die Keimfähigkeit des Pollens zumindestens der 2 unteren Staubblätter im Blütenstande akropetal abnimmt.

2. Vergleich der Keimfähigkeit des Pollens aus den unteren und oberen Staubblättern ein- und derselben Blüte

Die unteren und oberen Staubblätter der *Digitalis*-Blüte unterscheiden sich bekanntlich durch die Länge der Filamente und durch die Zeit des Öffnens der Antheren, was bereits im Kapitel über den Blühvorgang angeführt wurde. Für die hier behandelten Versuche wurden bei jeder der beiden Arten 10 gezeichnete Blüten von 3 Versuchspflanzen aus dem untersten Stockwerk der Infloreszenzen in der Weise geprüft, dass zunächst Pollen aus den sich eben öffnenden Antheren der unteren Staubblätter und etwa 2 Tage später aus den der oberen Staubblätter derselben

¹⁾ Für tatkräftige Hilfe bei der Auszählung zahlreicher Tropfenkulturen von Pollenkörnern beider *Digitalis*-Arten bin ich der techn. Assistentin Fräulein H. PISULKOVÁ und dem Absolventen der naturwissenschaftlichen Fakultät der Karls-Universität Herrn J. VALTER zu Dank verpflichtet.

Blüte entnommen und in Tropfenkulturen übertragen wurde. Für jede der beiden Staubblattkategorien prüfte ich bei beiden Arten die Pollenkeimung in je 15 Auszählungen immer unter Berücksichtigung von 30 beliebig herausgegriffenen Pollenkörnern, so dass bei jeder der beiden untersuchten Arten 900 Pollenkörner Berücksichtigung fanden. Die wiederum auf Einer abgerundeten und prozentuell ausgedrückten Durchschnittswerte dieser Messungen zeigt Tab. 2.

Tab. 2. — Pollenkeimprozente unterer und oberer Staubblätter derselben Blüte

<i>Digitalis lanata</i>		<i>Digitalis purpurea</i>	
Staubblätter		Staubblätter	
untere	obere	untere	obere
77 %	79 %	81 %	69 %

Die Versuche zeigen, dass bei *D. lanata* kein merklicher Unterschied in der Keimfähigkeit des Pollens der unteren und oberen Staubblätter besteht, dass jedoch ein solcher bei *D. purpurea* erkennbar ist, wobei bei dieser Art die unteren Staubblätter mit längeren Filamenten, deren Antheren sich während der Anthese früher öffnen als die der oberen Staubblätter, Pollen mit grösserer Vitalität besitzen dürften.

3. Änderungen der Keimfähigkeit des Pollens während der Anthese

Bei den vorhergehend beschriebenen Versuchen wurde durchwegs frischer, aus eben sich öffnenden Antheren stammender Pollen verwendet, in den folgenden Versuchen, die sich nur auf *D. lanata* beziehen, bemühte ich mich zu prüfen, ob Änderungen der Keimfähigkeit des Pollens während des Blühvorganges der Einzelblüte erkennbar sind, zumal ich ein Absinken der Keimfähigkeit des Pollens während der Anthese in anderen Fällen (*Potamogeton*, *Impatiens*, *Veratrum* — DAUMANN 1963, 1967a, 1967b) feststellen konnte. Zu diesem Zweck wurde aus 5 ge-

Tab. 3. — Pollenkeimprozente von *Digitalis lanata* während der Anthese

Anthese in Tagen										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
untere Staubblätter	—	70 %	51 %	30 %	41 %	11 %	20 %	8 %	0 %	5 %
obere Staubblätter	—	—	—	74 %	65 %	67 %	37 %	13 %	10 %	12 %

zeichneten Blüten im untersten Stockwerk einer Versuchspflanzeninfloreszenz getrennt aus den Antheren der unteren und oberen Staubblätter an aufeinanderfolgenden Tagen der Anthese Pollen entnommen und seine Keimfähigkeit in Tropfenkulturen geprüft. Die wie in den vorhergehend beschriebenen Versuchen gewonnenen Durchschnittswerte der Keimprozente zeigt Tab. 3.

Die Versuche zeigen, dass der Pollen der unteren und oberen Staubblätter von *D. lanata* aus eben sich öffnenden Antheren sowie während des 1. Tages nach dem Öffnen der Antheren die höchste Keimfähigkeit aufweist. Die Keimfähigkeit des an den folgenden Tagen in der Blüte an den offenen Antheren haftenden Pollens sinkt mehr oder weniger kontinuierlich und schwindet praktisch nach etwa 6 Tagen.

Als Ergänzung der eben beschriebenen Versuche wurden einerseits untere und obere Staubblätter von *D. lanata* mit eben sich öffnenden Antheren, andererseits loser Pollen dieser Art aus frischen Blüten entnommen, in durchlüftete Schächtelehen aus paraffiniertem Pappendeckel übertragen und daselbst eingelagert (im Laboratorium, bei Zimmertemperatur, im Dunkeln und trocken). Sowohl der Pollen von den eingelagerten Staubblättern als auch der eingelagerte lose Pollen wurde sodann an aufeinanderfolgenden Tagen aus den Schächtelehen entnommen und in der oben beschriebenen Art und Weise auf seine Keimfähigkeit geprüft.

Dabei zeigte sich ein bedeutend rascheres Absinken der Keimfähigkeit des Pollens als in intakten Blüten; schon nach 2—3 Tagen war diese praktisch auf Null herabgesunken.

Nektar und Nektarexkretion

Bei beiden untersuchten *Digitalis*-Arten ist das Nektarium im etwas eingesenkten Abschnitt, der sich von der Oberseite des emporgewölbten Diskusringes bis zur beginnenden Fruchtknotenwand erstreckt, entwickelt. Seine Lage und seinen Bau bei *D. purpurea* hat bereits FELDHOFFEN (1933) beschrieben.

Die Nektarexkretion erfolgt bei beiden Arten vorherrschend als Flüssigkeitsdurchtritt durch die Epidermisaussenwände und durch die dünne Kutikula, die dabei, soweit ich beobachten konnte, weder abgehoben noch zerrissen wird. Vereinzelt tritt auch Nektar durch die in der Nektariumepidermis vorhandenen, mehr oder minder modifizierten Spaltöffnungen (Nektarspalten) aus.

In methodischer Hinsicht sei bemerkt, dass die direkte Beobachtung des Exkretionsvorganges am besten an dicken Oberflächenschnitten durch das Nektarium in Luft nach der an anderer Stelle bereits geschilderten Methode (DAUMANN 1931) möglich ist.

Die Prüfung des Nektars auf Inhaltsstoffe erfolgte lediglich bei *D. lanata*. Zu diesem Zwecke wurde aus gegen Insektenbesuch geschützten Blüten, die bereits 3—4 Tage offen waren, Nektar mittels Kapillaren abgenommen und in der schon früher angegebenen Weise (DAUMANN 1930) unter Verwendung der FLÜCKIGERSchen und SENFTschen Lösung untersucht.

Dabei ergab sich die überaus reichliche Anwesenheit von Mono- und Disacchariden (Fruktose, Glukose, Saccharose) im Nektar der genannten Art.

Bei der Prüfung der Exkretionsintensität des Nektariums wurden drei Ziele verfolgt, und zwar die Feststellung von Intensitätsänderungen während der Anthese, während des Tages und in verschiedener Höhe des Blütenstandes von *D. lanata* und *D. purpurea*.

Dabei verwendete ich z. T. kombiniert zwei verschiedene Methoden: einerseits die oben bei der Behandlung des Exkretionsvorganges bereits erwähnte Methodik (DAUMANN 1931), die die Untersuchung jeder von der Versuchspflanze abgenommenen Blüte nur einmal (im Laboratorium) gestattet, wobei für unsere Zwecke die annähernde Zeit (in Sekunden), die zur Bildung eines Nektartropfens auf der beobachteten Nektariumoberfläche vom Durchmesser 1 mm erforderlich war, als Intensitätskriterium gewählt wurde (Nektartropfenmethode), andererseits die Kapillarmethode, mittels der einzelne auf der Versuchspflanze verbleibende Blüten mehrmals geprüft

werden können; in diesem Falle war die Länge der Nektarsäule in der Versuchskapillare (mit einer inneren Weite von 0,5 mm) das Kriterium für die Exkretionsintensität (DAUMANN 1932). Die Versuchsblüten waren immer mit Stoffsäckchen gegen Insektenbesuch geschützt. Zumal bekanntlich Umweltfaktoren einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Nektarexkretion besitzen (HUBER 1956), bemühte ich mich, diese etwaigen Fehlerquellen dadurch herabzumindern, dass die Blüten der auf ein- und demselben Versuchsbeet im botanischen Garten wachsenden Versuchspflanzen beider Arten in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren möglichst zur gleichen Zeit untersucht wurden. In den folgenden Versuchen berücksichtigte ich nur Quantitätsänderungen der Nektarproduktion, etwaige qualitative Unterschiede wurden von mir nicht in Betracht gezogen.

1. Nektarexkretion während der Anthese

Die Untersuchungen erfolgten zwischen 10 und 13 Uhr an verschiedenen alten Blüten, die sich durchwegs an der Basis (im untersten Stockwerk) des Blütenstandes befanden. Mit Hilfe beider obgenannten Methoden (Nektartropfenmethode, Kapillarmethode) wurden 198 Blüten von

Tab. 4. — Nektarexkretionsintensität von *Digitalis lanata* während der Anthese

Blüten am					
1. Tag der Anthese	0	0	0	450	0
2. Tag der Anthese	180	220	300	250	210
3. Tag der Anthese	20	25	45	30	25
4. Tag der Anthese	40	30	60	35	30
5. Tag der Anthese	240	330	200	320	300
6. Tag der Anthese	370	0	420	0	0
7. Tag der Anthese	0	0	0	0	0
8. Tag der Anthese	0	0	0	0	0

Anmerkung zur Tabelle: Die Zahlen bedeuten die annähernde Dauer in Sekunden, die im Versuche bei der neuerlichen Exkretion zur Bildung eines Nektartropfens von 1 mm Durchmesser erforderlich war. Diese Dauer ist der Exkretionsintensität verkehrt proportional. Eine Null bedeutet, dass es im Versuche noch zu keiner Exkretion bzw. schon zu keiner solchen mehr kam.

25 *Digitalis lanata*-Pflanzen und 95 Blüten von 16 *Digitalis purpurea*-Pflanzen untersucht. Zur Veranschaulichung führe ich in Tab. 4 ein Versuchsprotokoll vom 3. August 1962 an, das sich auf die Prüfung von verschieden alten Blüten der Art *D. lanata* (40 Blüten von 6 Pflanzen) mit Hilfe der Nektartropfenmethode bezieht.

Tab. 5. — Nektarexkretionsintensität von *Digitalis purpurea* während der Anthese

Blüten am					
1. Tag der Anthese	0	3	0	0	0
2. Tag der Anthese	11	0	4	10	15
3. Tag der Anthese	32	41	20	37	29
4. Tag der Anthese	38	33	35	19	27
5. Tag der Anthese	19	22	12	9	17
6. Tag der Anthese	5	7	2	0	7
7. Tag der Anthese	0	0	0	0	0

Anmerkung zur Tabelle: Die Zahlen bedeuten die Länge der Nektarsäule in der Versuchskapillare (in mm). Diese Länge ist der Exkretionsintensität gerade proportional. Eine Null bedeutet, dass noch keine Exkretion bzw. schon keine mehr erfolgte.

Tab. 5 veranschaulicht an Hand eines Versuchsprotokolls vom 4. August 1964 (*D. purpurea*, 5 Blüten an 3 Pflanzen) die Prüfung der Exkretionsänderungen während des Blühvorganges mit Hilfe der Kapillarmethode.

Die Versuche zeigten, dass die Nektarexkretion in den Blüten beider *Digitalis*-Arten erst am 2. Tag der Anthese einsetzt, am 3. bis 4. Tag ihren Höhepunkt erreicht, am 5. Tag abklingt und vom 6. Tag bis gegen das Ende des Blühvorganges zum Stillstand kommt.

2. Nektarexkretion während des Tages

An 9 gezeichneten Blüten von *D. lanata*, die sich alle im untersten Stockwerk der Infloreszenz dreier Versuchspflanzen befanden, wurde mittels der Kapillarmethode im Laufe der Anthese der tageszeitliche Rhythmus der Nektarexkretion verfolgt. Ich entnahm den Nektar täglich alle 2 Stunden in der Zeit von 7 bis 17 Uhr.

Dabei zeigte sich, dass die Ausscheidung etwa um 7 Uhr einsetzt und ungefähr um 15 Uhr zum Stillstand kommt; das Maximum der Nektarexkretion liegt in den Mittagsstunden ungefähr von 11 bis 13 Uhr. Soweit ich an den Versuchspflanzen im botanischen Garten beobachten konnte, haben Unterschiede in der Witterung (insbesondere Insolation, Lufttemperatur, Luft- und Bodenfeuchtigkeit) keinen merklichen Einfluss auf diesen tageszeitlichen Rhythmus, der allerdings nur auf die Nektarmenge, keinesfalls

Tab. 6. — Tageszeitlicher Rhythmus der Nektarexkretion in 2 Blüten (a, b) von *Digitalis lanata* während der Anthese (1. bis 7. Tag)

Ta- ges- zeit	30. 7. 1. Tag		31. 7. 2. Tag		1. 8. 3. Tag		2. 8. 4. Tag		3. 8. 5. Tag		4. 8. 6. Tag		5. 8. 7. Tag	
	Blüte		Blüte		Blüte		Blüte		Blüte		Blüte		Blüte	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
7 Uhr	0	0	5	0	13	9	14	10	8	7	2	0	0	0
9 Uhr	0	0	11	4	12	27	24	31	16	12	3	1	0	0
11 Uhr	3	0	15	11	32	41	35	30	20	16	4	2	0	0
13 Uhr	0	0	10	11	25	22	28	33	17	6	2	1	0	0
15 Uhr	0	0	4	3	8	6	19	3	7	2	1	0	0	0
17 Uhr	0	0	0	0	2	1	3	4	7	4	1	2	0	0

Anmerkung zur Tabelle: so wie in Tabelle 5.

jedoch auf die Zusammensetzung des Nektars Bezug hat. Bei *D. purpurea* wurde die Nektarausscheidung im Laufe des Tages von mir nicht geprüft.

Zur Veranschaulichung des Gesagten gebe ich in Tab. 6 das Protokoll eines Versuches wieder, der vom 30. Juli bis 5. August 1964 dauerte und in dem die Nektarexkretion in 2 *Digitalis lanata*-Blüten (a und b in Tab. 6), die sich im untersten Infloreszenzstockwerk zweier verschiedener Versuchspflanzen befanden, vom 1. bis 7. Tag ihrer Anthese verfolgt wurde. Die Tabelle zeigt deutlich sowohl den tageszeitlichen Rhythmus der Exkretion, und zwar an allen Tagen, soweit überhaupt eine solche erfolgte, als auch das schon im vorhergehenden Abschnitt behandelte Exkretionsmaximum am 3. bis 4. Tag der Anthese.

3. Nektarexkretion in verschiedener Höhe des Blütenstandes

Zu diesen Versuchen wurden Blüten beider Arten aus den 3 Stockwerken der Infloreszenzen verwendet, die sich im optimalen Alter, d. h. in einem solchen Stadium der Anthese befanden, in dem die Nektarausscheidung am intensivsten ist (3. bis 4. Tag des Blühens). Ausserdem wurde die optimale Tageszeit (11 bis 13 Uhr) mit dem Maximum der Exkretion für die Versuche gewählt. Zur Anwendung kamen dabei beide genannten Methoden (Kapillarmethode, Nektartropfenmethode).

Es zeigte sich, dass bei *D. lanata* die durch die ausgeschiedene Nektarmenge gemessene Exkretionsintensität im Blütenstände akropetal durchwegs und deutlich sinkt. Bei *D. purpurea* war diese Erscheinung nicht zu erkennen.

Tab. 7 soll dies an Hand einer mittels der Kapillarmethode durchgeführten Messung von 30 Blüten veranschaulichen.

Tab. 7. — Nektarexkretionsintensität in verschiedener Höhe des Blütenstandes von *Digitalis lanata* und *Digitalis purpurea*

Stockwerk des Blütenstandes	<i>Digitalis lanata</i> 18 Blüten						<i>Digitalis purpurea</i> 12 Blüten			
unterstes	40	36	31	42	29	38	14	21	11	13
mittleres	27	12	32	7	13	24	10	23	12	9
oberstes	19	9	20	3	13	14	7	20	12	15

Anmerkung zur Tabelle: so wie in Tabelle 5.

Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden drei wichtige Lebensvorgänge der *Digitalis*-Blüte verfolgt, und zwar Funktionseigentümlichkeiten des Pollens, der Narbe und des Nektariums. Im folgenden soll versucht werden, die Ergebnisse, die sich auf diese Lebensvorgänge besonders bei *Digitalis lanata* beziehen, in praktischer und theoretischer Hinsicht zu werten.

In praktischer Hinsicht sind besonders Folgerungen für eine möglichst erfolgreiche künstliche Bestäubung dieser wichtigen Arzneipflanze wertvoll. In diesem Sinne ist Pollen von eben sich öffnenden Antheren der beiden unteren Staubblätter (2. Tag der Anthese) aus am Grunde der Infloreszenz befindlichen Blüten vorzuziehen. Ich empfehle jedenfalls den Pollen der unteren Staubblätter für künstliche Bestäubung, da zwar nicht bei *Digitalis lanata*, jedoch bei *D. purpurea* der Pollen aus den unteren Staubblättern eine grössere Keimfähigkeit besitzt als der aus den oberen. Am Grunde der Infloreszenz befindliche Blüten haben deshalb den Vorrang, da die Pollenkeimfähigkeit im Bereiche des Blütenstandes akropetal abnimmt. Dieser Pollen wäre von den Antheren direkt, d. h. ohne Zwischenlagerung in Schächtelchen, auf frisch funktionierende Narben (6. bis 7. Tag der Anthese) in Blüten anderer Pflanzen zu übertragen. Ich empfehle auch hier, Blüten im unteren

Teil der Infloreszenz vorzuziehen, da neben der Verringerung der Keimfähigkeit des Pollens auch andere Erscheinungen, so z. B. Verringerung der Nektarmenge, auf eine akropetale Vitalitätsabschwächung im Blütenstande hindeuten. Da Selbststerilität festgestellt wurde, muss immer eine allogame Bestäubung durchgeführt werden.

Neben der hervorragenden Bedeutung als Arzneipflanze kann *Digitalis lanata* auch als ausgezeichnete Bienenfutterpflanze angesehen werden, deren Bau sich ebenfalls in dieser Hinsicht lohnt. Die intensive Ausscheidung zuckerreichen Nektars bewirkt, dass während der Anthese der untere, verengte Korollenteil mit diesem erfüllt ist. Dementsprechend ist auch der Blumenbesuch der Honigbiene (*Apis mellifica* L.) an *Digitalis lanata* im botanischen Garten reichlich, die auf Grund des günstigen Verhältnisses ihrer Körperdimensionen zu denen der Blüte unserer Art eine erfolgreiche nototribe Bestäubung bewirkt. Auch andere Apiden besuchen die Blüten von *Digitalis lanata* (im botanischen Garten zu Prag) in starkem Masse, so besonders *Anthidium manicatum* L.²⁾. Auf Grund der Selbststerilität sind beide untersuchten *Digitalis*-Arten in der freien Natur auf Insektenbestäubung angewiesen. In diesem Zusammenhange ist bemerkenswert, dass sich die Blüte von *D. lanata* am 1. Tag der Anthese in einem Täuschblumenstadium befindet, da bei geöffneter Korolle und geschlossenen Antheren aller Staubblätter noch keine Nektarausscheidung erfolgt, was sich recht empfindlich im Verhalten der blumenbesuchenden Insekten zeigt: die Tiere verweilen auf solchen Blüten nur ganz kurze Zeit. Dasselbe zeigt sich bei nektarsammelnden Apiden an Blüten, die sich in der vorwiegend weiblichen Endphase des 8 bis 10 Tage andauernden Blühens befinden, da schon ungefähr vom 6. Tage an die Nektarausscheidung aufhört. Bei *Digitalis purpurea* liegen die Verhältnisse insofern anders, als sich die Antheren der beiden unteren Staubblätter bereits am 1. Tag der Anthese öffnen, die Nektarausscheidung jedoch so wie bei *D. lanata* erst am 2. Anthesetag einsetzt, was sich ebenfalls im Verhalten der nektarsammelnden *Bombus*-Exemplare widerspiegelt, die solche nektarlose Blüten zwar besuchen, aber sofort wieder verlassen, wobei allerdings diese kurzen, für die Tiere „irrtümlichen“ Blumenbesuche zum Abstreifen des bereits zugänglichen Pollens von den Antheren der beiden unteren Staubblätter ausreichen.

In theoretischer Hinsicht erscheinen mir besonders zwei Ergebnisse bedeutungsvoll, und zwar einerseits das akropetale Absinken der Keimfähigkeit des Pollens und der Exkretionsintensität des Nektars im Blütenstand, andererseits die geringere Keimfähigkeit des Pollens der oberen Staubblätter.

Das bei *Digitalis lanata* und *D. purpurea* erkennbare akropetale Absinken der Pollenkeimfähigkeit und die für *D. lanata* festgestellte akropetale Verringerung der Nektarmenge im Blütenstande haben gewisse Parallelen in ähnlichen Erscheinungen auch bei anderen Pflanzen, die alle darauf hindeuten, dass manche Lebensvorgänge im Bereiche der Infloreszenz bzw. der ganzen Pflanze akropetal eine Abschwächung erfahren. So fand ANDREJEFF (1932) bei *Tilia cordata* MILL. eine Verringerung der Nektarmenge in den Blüten mit zunehmender Höhe in der Baumkrone. Bei *Berberis vulgaris* L. und *Aesculus hippocastanum* L. stellte derselbe Autor eine Verringerung der

²⁾ Die Bestimmung dieser Art verdanke ich der Liebenswürdigkeit von Herrn J. MACEK (Prag).

Nektariumgrösse akropetal im Einzelblütenstand, bei der Rosskastanie ausserdem auch mit zunehmender Höhe in der Baumkrone fest.³⁾ Nach ANDREEV (zit. bei PERCIVAL 1965) besitzen die grundständigen Blüten von *Phacelia* grössere Nektarien und scheiden eine grössere Nektarmenge aus als die im Gipfelteil der Infloreszenz. Die Pollensterilität vieler Palmen scheint nach SARKAR (1956) am oberen Ende der Blütenstände am stärksten zu sein. In diesem Zusammenhang wäre auch zu erwähnen, dass nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. STARÝ die durchschnittliche Samenzahl in den Kapseln von *Digitalis lanata* ebenfalls im Blütenstand akropetal sinkt.

Die oberen Staubblätter in der *Digitalis*-Blüte sind kürzer, d. h. sie besitzen kürzere Filamente, und öffnen sich später während der Anthese als die unteren; beide Erscheinungen können als erste Andeutungen einer beginnenden phylogenetischen Rückbildung gedeutet werden, die sich bei *Digitalis purpurea* ausserdem noch in einem physiologischen Merkmal, d. h. in einer verminderten Keimfähigkeit des Pollens äussert, eine Erscheinung, die auch, allerdings in extremerer Form, in anderen Fällen beobachtet werden konnte, so z. B. bei *Clematis alpina* (L.) MILL. subsp. *alpina*, bei welcher Art die Keimfähigkeit des Pollens der gleitenden Übergangsgebilde von fertilen Staubblättern zu Staminodien kontinuierlich absinkt (DAUMANN et SLAVÍKOVÁ 1968).

Zusammenfassung

Bei *Digitalis lanata* EHRH. subsp. *lanata* und *D. purpurea* L. wird der Antheseverlauf unter besonderer Berücksichtigung des Funktionsbeginnes der Staubblätter und der Narbe beschrieben. Für *Digitalis lanata* und *D. purpurea* wurde durch künstliche Bestäubungsversuche Selbststerilität bestätigt.

Bei *Digitalis lanata* und *D. purpurea* nimmt die Keimfähigkeit des Pollens im Blütenstande akropetal ab.

Der Pollen aus den unteren Staubblättern von *Digitalis purpurea* besitzt eine grössere Keimfähigkeit als der aus den oberen. *D. lanata* lässt einen derartigen Unterschied nicht erkennen.

Bei *Digitalis lanata* sinkt die Keimfähigkeit des in den Blüten auf den offenen Antheren haftenden Pollens während der Anthese kontinuierlich ab und ist nach etwa 6 Tagen praktisch Null. In Schächtelchen eingelagerter Pollen verliert seine Keimfähigkeit bereits im Laufe von 2 bis 3 Tagen. *D. purpurea* wurde in dieser Hinsicht nicht untersucht.

Bei *Digitalis lanata* und *D. purpurea* wurde die Art und Weise der Nektarexkretion festgestellt.

Die Prüfung des Nektars von *Digitalis lanata* auf Inhaltsstoffe ergab eine überaus reichliche Anwesenheit von Mono- und Disacchariden.

In der Blüte von *Digitalis lanata* und *D. purpurea* beginnt die Nektarexkretion erst am 2. Tag der Anthese, erreicht ihren Höhepunkt am 3. bis 4. Tag, klingt am 5. Tag ab und kommt vom 6. Tag bis gegen das Ende des Blühvorganges zum Stillstand.

Der nur bei *Digitalis lanata* untersuchte tageszeitliche Rhythmus der Nektarexkretion ist folgender: die Ausscheidung beginnt etwa um 7 Uhr und kommt ungefähr um 15 Uhr zum Stillstand; das Maximum liegt in den Mittagsstunden ungefähr von 11 bis 13 Uhr.

Die durch die ausgeschiedene Nektarmenge gemessene Exkretionsintensität des Blütennektariums sinkt bei *Digitalis lanata* akropetal im Blütenstande. Diese Erscheinung war bei *D. purpurea* nicht zu erkennen.

In der Diskussion wird auf eine praktische Anwendung der im vorhergehenden genannten Ergebnisse vor allem für eine möglichst erfolgreiche künstliche Bestäubung der wichtigen Arzneipflanze *Digitalis lanata* verwiesen. Ausserdem wird diese Art auch als ausgezeichnete Bienenfutterpflanze charakterisiert, deren Bau sich bei uns ebenfalls in dieser Hinsicht lohnt.

Das bei *Digitalis lanata* und *D. purpurea* erkennbare akropetale Absinken der Pollenkeimfähigkeit und die für *D. lanata* festgestellte akropetale Verringerung der Nektarmenge im Blüten-

³⁾ PORSCH (1937) führt irrtümlicherweise an, dass nach ANDREJEFF bei *Aesculus hippocastanum* die Grösse des Nektariums mit der Höhe innerhalb des Blütenstandes bzw. der Baumkrone zunimmt.

stande werden in der Diskussion mit ähnlichen Erscheinungen auch bei anderen Pflanzen verglichen, die alle darauf hindeuten, dass manche Lebensvorgänge im Bereiche der Infloreszenz bzw. der ganzen Pflanze akropetal eine Abschwächung erfahren.

Die verminderte Keimfähigkeit des Pollens der oberen Staubblätter von *Digitalis purpurea* wird phylogenetisch als Rückbildungserscheinung gedeutet.

Souhrn

Pro zjištění některých podmínek úspěšného umělého opylování významné léčivé rostliny *Digitalis lanata* EHRH. subsp. *lanata* (k porovnání též *Digitalis purpurea* L.), byly sledovány především změny v klíčivosti pylu a průběh kvetení. Oba uvedené druhy jsou autosterilní. U *Digitalis lanata* klesá klíčivost pylu v květech na otevřených prašnicích kontinuálně během kvetení a asi po 6 dnech je prakticky nulová. U *Digitalis lanata* a *D. purpurea* klesá klíčivost pylu v květenství akropetálně. Pyl z dolních tyčinek druhu *Digitalis purpurea* má větší klíčivost než z tyčinek horních. Vzhledem k intenzivnímu vylučování nektaru bohatého na cukry se *Digitalis lanata* jeví jako výborná nektaronosná rostlina, kterou včely hojně navštěvují. U tohoto druhu byl sledován denní rytmus v exkreci nektaru. Množství nektaru klesá u *Digitalis lanata* v květenství akropetálně. U obou studovaných druhů začíná vylučování nektaru až 2. dne kvetení, maxima dosahuje 3. až 4. dne a končí asi 6. dne kvetení. Akropetální klesání klíčivosti pylu a množství nektaru v květenství je v diskusi porovnáváno s obdobnými jevy i u jiných rostlin. Slabší klíčivost pylu z horních tyčinek u *Digitalis purpurea* je z fylogenetického hlediska chápána jako jev redukce.

Literatur

- ANDREJEFF W. (1932): Über Nektarien und über die Menge des Nektars bei einigen Gehölzarten. — Mitt. dtsch. dendr. Ges., Langensalza, 44 : 99—105.
- DAUMANN E. (1930): Das Blütennektarium von Nepenthes. Beiträge zur Kenntnis der Nektarien I. — Beih. bot. Cbl., Dresden, sect. 1, 47 : 1—14.
- (1931): Zur Morphologie und Ökologie der Blüte von *Stratiotes aloides* L. — Planta, Berlin, 14 : 766—776.
- (1932): Über postflorale Nektarabscheidung. Zugleich ein weiterer Beitrag zu unseren Kenntnissen über ungewöhnlichen Blumenbesuch der Honigbiene. — Beih. bot. Cbl., Dresden, sect. 1, 49 : 720—734.
- (1963): Zur Frage nach dem Ursprung der Hydrogamie. Zugleich ein Beitrag zur Blütenökologie von *Potamogeton*. — Preslia, Praha, 35 : 23—30.
- (1965): Insekten- und Windbestäubung bei *Alisma plantago-aquatica* L. Ein Beitrag zur experimentellen Blütenökologie. — Oesterr. bot. Z., Wien, 112 : 296—310.
- (1967a): Zur Blütenmorphologie und Bestäubungsökologie von *Veratrum album* subsp. *lobelianum* (Bernh.) Rehb. — Oesterr. bot. Z., Wien, 114 : 134—147.
- (1967b): Zur Bestäubungs- und Verbreitungsökologie dreier *Impatiens*-Arten. — Preslia, Praha, 39 : 43—58.
- (1969): Zur Blütenmorphologie und Bestäubungsökologie von *Eremurus* M. Bieb. — Preslia, Praha, 41 : 10—20.
- DAUMANN E. et SLÁVIKOVÁ Z. (1968): Zur Blütenmorphologie der tschechoslowakischen Clematis-Arten. — Preslia, Praha, 40 : 225—244.
- FELDHOFEN E. (1933): Beiträge zur physiologischen Anatomie der nuptialen Nektarien aus den Reihen der Dikotylen. — Beih. bot. Cbl., Dresden, sect. 1, 50 : 459—634.
- FISCHER H. (1890): Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pollenkörner. — 72 p., Breslau.
- HALLERMEIER M. (1922): Ist das Hangen der Blüten eine Schutzeinrichtung? — Flora, Jena, 115 (15 ser. n.) : 75—101.
- HUBER H. (1956): Die Abhängigkeit der Nektarsekretion von Temperatur, Luft- und Bodenfeuchtigkeit. — Planta, Berlin, 48 : 47—98.
- KERNER A. (1891): Pflanzenleben 2. — 896 p., Leipzig und Wien.
- KNUTH P. (1899): Handbuch der Blütenbiologie. II/2. — 705 p., Leipzig.
- KÜGLER H. (1955): Einführung in die Blütenökologie. — 278 p., Stuttgart.
- MÜLLER H. (1873): Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider. — 478 p., Leipzig.
- PERCIVAL M. S. (1965): Floral biology. — 243 p., Oxford.
- PORSCH O. (1937): Zur Lebensgeschichte der Aesculus-Blüte. — Biologia gen., Wien, 12 : 591—618.

- PRUZINSZKY S. (1960): Über Trocken- und Feuchtluftresistenz des Pollens. — S.-B. oest. Akad. Wiss., Wien, cl. math.-natur., sect. 1, 169 : 43—100.
- SARKAR S. K. (1956): Male sterility in palms. — *Agronomia lusitana*, Alcobaca, 18 : 257—271.
- WIRTH H. (1961): Der Rote Fingerhut und andere herzwirksame Heilpflanzen. — Die neue Brehm-Bücherei, 115 p., Wittenberg Lutherstadt.
- ZEISLER M. (1938): Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. — *Beih. bot. Cbl.*, Dresden, sect. A, 58 : 308—318.

Recensent: F. Starý

F. W. Stahl:

Mechanismen der Vererbung

Übersetzt von H. Schwanitz

G. Fischer Verlag, Stuttgart 1969, (9) + 162 str., 73 obr., cena váz. 19,— DM. (Kniha je v knihovně ČSBS.)

Ačkoli dnes existuje mnoho knih z oboru genetiky, přece je vždy každý nový dobrý text vítaný a užitečný. To se dá říci o odborné literatuře vůbec, ale zvlášť to platí o odvětvích rychle se vyvíjejících, v nichž se objevují stále nová fakta, která upravují nebo pozměňují staré názory. Proto jsou velice prospěšné příručky, které objasňují užší problémy jednotlivých oborů; vysvětlení je možno věnovat více místa a dané téma pak lze daleko lépe vysvětlit. Tento typ příruček vydává G. Fischer a recenzovaná knížka — překlad z angličtiny — je jednou z nich. Její náplň rámcově vystihují názvy kapitol: 1. Erblícheit. 2. Identifizierung des genetischen Materials. 3. Die Struktur der DNS (und der RNS). 4. Verdoppelung der DNS. 5. Die Mutation der DNS. 6. Organisation der DNS. 7. Rekombination bei höheren Organismen. 8. Rekombination bei Viren. 9. Rekombination bei Bakterien. 10. Die genetische Analyse bei Diploiden. I když tyto názvy vystihují dobře látku, probíranou v jednotlivých kapitolách, přece jimi nelze vyjádřit jejich detailní náplň, která je skutečně bohatá. Autor vychází od základů a vysvětluje nejen přímou problematiku daného tématu, ale i tu, která je třeba k pochopení textu. Vše je dokumentováno konkrétními příklady, což vede nejen k dobrému pochopení látky, ale i k zafixování získaných poznatků a dále k tomu, že čtenář pozná systém práce a styl metod, používaných při studiu dílčích otázek. Autor se nevyhýbá ani historickým pohledům, ani popisu strukturních dějů na buněčné úrovni. Matematické vývoody jsou podány srozumitelně a dokazují exaktnost řešení jednotlivých problémů. Přesto si myslím, že by numerické vyřešení některých vztahů v souvislosti s textem pomohlo ke snadnějšímu pochopení látky.

Nelze se také nezmínit o didaktickém pojetí knihy. Je psána jednoduchým, ale jasným slohem, takže text je naprosto srozumitelný, i když je skutečně naplněn fakty. S ním jsou organicky spojeny ilustrace, které jsou velmi názorné a vysvětlují mnohdy více, než by to bylo možno dokázat rozšířením textu. Na konci každé kapitoly je krátké shrnutí poznatých fakt, dále literatura, kterou je možno si rozšířit znalosti z dané problematiky a konečně úlohy, které mají dvojí účel. Jednak vedou čtenáře k hlubšímu zamyšlení nad probranou látkou, jednak jsou kontrolou, zda jí dobře porozuměl. Na konci knihy je pak uvedeno správné řešení úloh.

Kniha je velmi dobře vypravena a na výborné úrovni z hlediska polygrafického, což ještě zvětšuje její cenu. Je vhodná pro všechny, kdo se zajímají o základní problémy moderní genetiky. Prostuduje si ji jistě se zájmem genetik stejně jako ten, kdo si chce rozšířit svoje vědomosti a zvlášť cenná bude pro studenty.

Z. Pazourková