

Irena Novotná :

Untersuchungen über die Chromosomenzahl innerhalb *Arabis hirsuta* (Komplex)

Problemstellung und Mitteilung über den ersten Teil der eingehenden Bearbeitung

(Aus dem Botanischen Institut der ČSAV in Průhonice bei Prag)

Einleitung und Problemstellung

Im Jahre 1753 beschrieb LINNÉ (Spec. Plant. 666, 1753) die Art *Turritis hirsuta*, welche kurz danach SCOPOLI (Flora carniol. ed. 2, 2 : 30, 1772) richtig von der Gattung *Turritis* abgeteilt und in die Gattung *Arabis* eingegliedert hat. Bei der späteren ausführlicheren Durchforschung wurden nach und nach mehrere Taxone entdeckt, welche dieser Art zwar sehr ähnelten, in bestimmten Merkmalen sich jedoch deutlich unterschieden; diese wurden ursprünglich fast alle als gleichwertige Arten bewertet und als solche benannt. In der weiteren Entwicklung wurde aber, und zwar vom Standpunkt der gegenseitigen Beziehungen aller Taxone der Gattung *Arabis*, der Kategorien-Wert der in der Zeit nach LINNÉ beschriebenen Taxone grösstenteils auf den Wert von Subspecies herabgesetzt, so dass eine umfangreiche Art (vielleicht eine Kollektiv-Art) *Arabis hirsuta* mit mehreren Subspecies entstanden ist (in der Tschechoslowakei vielleicht mit vier Subspecies).

Als Dr. I. KLÁŠTERSKÝ geeignetes Pflanzen-Material zum Studium des allgemeinen Wertes der Taxone, deren Entstehen und Eingehen, suchte, schenkte er unter anderen auch dieser Art besondere Aufmerksamkeit und stellte fest, dass die gegenseitigen Beziehungen der sogenannten Subspecies und auch deren Kategorien-Wert, wie er in den derzeitigen floristischen Handbüchern zum Ausdruck kommt, den tatsächlichen, sehr komplizierten Verhältnissen in der Natur nicht entsprechen und dass dieses Problem dafürsteht, es eingehend zu lösen.

Die Arbeit an diesem Problem ist umfangreich geplant, sie ist bisher nicht weit vorgeschritten und die folgende Mitteilung ist nur als erstes, bescheidenes Ergebnis zu werten. Deshalb mache ich auch aufmerksam, dass es nötig ist, alle Namen der Taxone und deren Kategorien-Wert, welche im nachfolgenden Text angewandt sind, nur als Provisorium anzusehen; definitiv wird man sie erst viel später, nach dem vollkommenen Abschluss der Arbeit, feststellen können.

Das Problem der gegenseitigen Beziehungen der höheren und niederen Einheiten wurde schon früher angedeutet, es wurde aber nicht gelöst und konnte auch nicht mit Anwendung nur klasischer Methoden der Systematik gelöst werden. In der Vergangenheit wurde die Problematik der Taxonomie dieser Art mehrmals berührt. Von mehreren Forschern will ich an dieser Stelle

nur JORDAN erwähnen, weil er im Vergleich mit LINNÉ zu einer extrem engen Speciesfassung gelangt. „Von dem richtigen Grundsatz ausgehend, dass die veränderlichen, auf den Einfluss des Standortes, der Temperatur etc. zurückzuführenden Merkmale für die Speciesunterscheidung wertlos seien, . . . dass dagegen die unveränderlichen, erblichen Charaktere, soweit sie sich ungleich erweisen, zur spezifischen Unterscheidung berechtigen und sogar zwingen . . .“ (ROSEN, 1889), kultivierte JORDAN eine ganze Menge von Linné'schen Species unter gleichmässigen Bedingungen durch eine Reihe von Generationen. Diesem Forscher diente auch die Art *Arabis hirsuta* (L.) SCOP. als Versuchsobjekt und er beschrieb auf Grund seiner Befunde (JORDAN, 1861) von der Linné'schen Art *Arabis hirsuta* achtzehn weitere gleichwertige Arten. Aus seinen klassischen Experimenten, besonders mit *Erophila verna*, ging hervor, dass es viel mehr Arten gebe, als Linné in seinem System aufgestellt hat.

Im Laufe der Entwicklung betrachtete die Systematik die Einheiten des Systems und suchte ununterbrochen ihre scharfe (objektive) Begrenzung. Es ist allgemein bekannt, dass sich auch die Definition der Art unzähligemale änderte, je nach dem, was der betreffende Autor für den Hauptfaktor, das Wesen und den Sinn der Klassifizierung (Einteilung und Eingliederung) der Organismen hielt. Mit dem Aufschwung der Naturwissenschaften, z. B. der Genetik, in der Zeit, als die Vererbungsgesetze und Vermehrungsweisen der Pflanzen erkannt wurden, sind genetisch-systematische Arbeiten hervorgegangen, die in das Klassifizierungsproblem weiter eindringen. Mit dem Vorherrschen der Evolutionstheorie und der Entwicklung der Karyologie waren es karyologisch-phylogenetische und ferner cytologisch genetisch-taxonomische Arbeiten. In der Gegenwart und in den nächsten fünfzig Jahren soll die botanische Forschung in ihrem Wesen hauptsächlich experimentell sein. Alle Arten durch Kultivieren zu erforschen, wäre jedoch eine riesige Arbeit und zwecks Klassifizierung nicht immer sinnvoll. Doch ergibt sich die Frage: Wer wird dann die Pflanzen klassifizieren? Die Antwort ist klar: Fachleute, welche die einzelnen Pflanzengruppen am besten kennen werden.

Die Aufgabe der experimentellen Taxonomie, welche auch wir betreiben wollen, besteht darin, verschiedene Standpunkte der angrenzenden Wissenschaftszweige auszunützen und an sogenannten Modell-Taxonen die Lösungsweise vorzuführen. Zwecks richtigerer, biologisch begründeter Pflanzenklassifizierung wird auch die experimentelle Taxonomie selbst neue Arbeitsmethoden einer komplexen Forschung entwickeln und mit allen Mitteln nach der Aufklärung der gegenseitigen Beziehungen der höheren und niederen Einheiten streben müssen, besonders in den Fällen, wo sie zu unklar sind. Es wird auch nötig sein, zahlreiche Differenzen, z. B. in der Terminologie, zwischen sogenannten beschreibenden Wissenschaften und Wissenschaftszweigen experimentellen Charakters zu überbrücken, um eine gewisse Einheitlichkeit zu erzielen. Oft handelt es sich nicht um eine blosser Applikation der üblichen Methoden und wahrscheinlich immer wird uns erst eine Gesamtheit von mehreren Ergebnissen gestatten, Schlussfolgerungen zu formulieren.

Einen der Standpunkte bei der experimentellen Bearbeitung der taxonomisch interessanten Art *Arabis hirsuta* (L.) SCOP. sollen cytologische Befunde bilden, und zwar in erster Linie die Chromosomenzahlen in Anbetracht der niederen Einheiten dieser Art und im Zusammenhang mit dem Studium der Populationen an mehreren Lokalitäten. Angaben über die Chromosomenzahl

dieser Art bieten uns zwei zusammenfassende Werke: 1) von TISCHLER (1950); 2) von DARLINGTON und WYLIE (1955). — In dem ersterwähnten Werk gibt TISCHLER folgendes an:

<i>Arabis hirsuta</i> (L.) SCOP.	8	MATTICK (in litt.) 1949.
	16	JARETZKY 1928a, F. H. SMITH 1938.
		ROLLINS 1941.
	32	ROLLINS 1941.

Aus dieser Übersicht erkennt man jedoch nicht eindeutig, was die einzelnen Zahlen bedeuten und die Original-Arbeiten der einzelnen Autoren, ausser der von Jaretzky, blieben mir bisher unzugänglich. Im zweiten Werk wird bei der Gattung *Arabis* die Grundzahl $x = 6, 7, 8$ angegeben und bei der Art *Arabis hirsuta* die Zahl 32, von JARETZKY (1928) festgestellt. — Aus seiner umfangreichen Arbeit erkannte ich, dass er seine Chromosomenzahl aus Pollenmutterzellen erforscht hat. Auf Seite 4 gibt JARETZKY in seiner Übersicht die haploide, aus PMZ festgestellte Zahl zwar unrichtig als $x = 16$ an, aber in einem Gesamtverzeichnis aller, in der Arbeit behandelten Arten auf Seite 38—40, bezeichnet er die Zahl 16 als haploid. JARETZKY hat auch im Chromosomensatz Grössenunterschiede konstatiert und angenommen, dass man das charakteristische Grössenverhältnis, zwei auffallend kleine und sechs mehr oder weniger grosse Chromosomen, bei allen Arten der drei *Arabis*-Sektionen (*Turritella*, *Pseudarabis*, *Euarabis*) antreffen kann. Da er bei acht Arten der Gattung *Arabis* die Zahl $n = 8$ und nur bei zwei Arten, von denen eine *A. hirsuta* (die zweite Species mit ? bezeichnet) war, $n = 16$ feststellte und da er auch einen grösseren Umfang der Zelle bei *Arabis hirsuta* ($n = 16$) im Vergleich mit *Arabis pumila* ($n = 8$) ermittelte, zog er daraus die Folgerung, dass es sich zweifellos um eine Verdoppelung des Chromosomensatzes handelt und bezeichnete sie als tetraploide Arten.

Material und Methodik

Die Aufgabe meiner vorliegenden Arbeit war drei Sippen von *Arabis hirsuta* (L.) SCOP. cytologisch zu bearbeiten:

- A. hirsuta* (L.) SCOP. var. *cordata* NEILREICH; Čechy, Srbsko u Karlštejna VII. 1957. — I. Klášterský.
A. hirsuta (L.) SCOP. subsp. *eu-hirsuta* ERDN.; Čechy, Kersko u Velenky, 8. VIII. 1959, indiv. eu/5 — I. Novotná.
A. hirsuta (L.) SCOP. subsp. *planisiliqua* (PERS.) THELL.; Čechy, Kersko u Velenky, 8. VIII. 1959, indiv. pla/3 — I. Novotná.

Erstens handelte es sich darum, eine geeignete Methodik für die Chromosomenzahlenbestimmung auszuarbeiten. Allgemein sind die Chromosomen dieser Art sehr klein, durchschnittlich in der Metaphase der Wurzelspitzen der frisch angekeimten Samen 3—5 lang und 0,5—1 dick. Ausser klassischen Methoden wurden auch manche Schnellmethoden mit Quetschtechnik angewandt. Hauptsächlich wurde die gebräuchlichste Methodik für die Chromosomenzahlenbestimmung durchprobiert, und zwar das Fixieren mit Eisessigsäure-Alkohol-Gemisch 1 : 3 und mit Karminessigsäure gefärbt. Leider waren die Ergebnisse nicht befriedigend, doch konnte man aus den Präparaten ersehen, dass die Chromosomen länglich sind und oft übereinander liegen (Abb. 1 und Abb. 2). Deshalb wurde zur Vorbehandlung gegriffen. Dazu habe ich 8-Oxyquinolin gewählt und dessen Einwirkung auf frische Wurzelspitzen in verschiedenen langer Zeit und bei verschiedener Konzentration geprüft. Die Einwirkung gibt sich durch Chromosomenkontraktion und eine aufgeblähte Spindel kund und erleichtert so die Übersichtlichkeit der Chromosomenplatte. Eine Chromosomenverkürzung veranlasst auch Kolehcin, doch die Spindel ist nicht so aufgebläht und die Chromosomen werden oft klumpig. Die Konzentration von 0,023 mol und die Dauer des Einwirkens von 30 bis 60 Minuten scheint am besten zu sein.

In meinem Material habe ich ausser der Zahl $2n = 32$ auch $2n = 28$ und diesen sich annähernde Zahlen bei zwei Sippen: *Arabis hirsuta* (L.) SCOP. var. *cordata* NEILREICH (Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5)

und *A. hirsuta* (L.) SCOP. subsp. *eu-hirsuta* ERDN. (Abb. 6) festgestellt, während bei der Sippe *A. hirsuta* (L.) SCOP. subsp. *planisiliqua* (PERS.) THELL. immer nur $2n = 16$ gezählt werden konnte (Abb. 7).

D i s k u s s i o n

Die bestimmten Zahlen, die zwischen 16 und 32 liegen, wie z. B. 24, 26, 30, muss man vorderhand für unsicher halten. Es bleibt noch übrig, festzustellen, ob diese Differenzen (von 2—4 Chromosomen mehr oder weniger) nicht als Artefakte bei der Präparation entstanden sind.

Die zweite Möglichkeit der Erklärung liegt darin, dass es sich um Extra-chromosomen handelt, welche neben den normalen Chromosomen vorhanden sind, dazu müsste man aber umfangreicheres Material prüfen. Vor allem ist es nötig, Einzelpflanzen zu autogamisieren und weiter in der Nachkommenschaft charakteristische Individuen auszulesen und zu isolieren und reine Linien zu züchten.

Die dritte Möglichkeit der Aufklärung der Variabilität in der Chromosomenzahl ist diejenige, dass Pflanzenindividuen verschiedene Chromosomenzahlen besitzen und aneuploide Gameten zur Befruchtung gelangen. Diese können durch Störungen, z. B. „non disjunktion“ entstehen; den Beweis dafür kann ich erst nach der Meiose — Durchforschung erbringen.

Endlich ist die vierte Möglichkeit, dass die Verschiedenheit durch Hybridisation von Sippen, die in der normalen Zahl verschieden sind, entstanden ist. Dass eine derartige Hybridisation (innerhalb der Art *Arabis hirsuta*) möglich ist, habe ich schon auf künstlichem Wege bewiesen und mehrere Pflanzen nachweisbar hybriden Charakters wurden auch an natürlichen Lokalitäten aufgefunden. Die Hybridisation ergibt unbalancierte Hybriden, in deren Meiose oft Störungen vorkommen können. Dazu müssen einzelne Versuchspflanzen analysiert werden und sogleich künstlich und zielbewusst gekreuzt werden.

Ausser den obenerwähnten festgestellten Zahlen wurde in einem Falle die Zahl 64 festgestellt; es war nicht leicht, diese zu erklären. Es war nötig, zu entscheiden, ob es sich um eine reguläre Metaphase oder um eine frühe Anaphase, bzw. um ein endomitotisches Produkt handelt. Erst durch Vergleiche von Chromosomen-dimensionen, was ihre Dicke betrifft, ergab sich, dass es sich wahrscheinlich um eine frühe Anaphase handelt, obzwar ich beim Durchsehen der Präparate nicht erkennen konnte, ob eine oder zwei Chromatiden vorhanden sind und ob das Zentromera aktiv ist oder nicht.

E r g e b n i s s e

Unter Voraussetzung, dass die drei Sippen — innerhalb dieser Taxone — einheitlich sind, können bisher folgende Angaben angeführt werden:

Arabis hirsuta (L.) SCOP. var. *cordata* NEILREICH . . . $2n = 32$

Arabis hirsuta (L.) SCOP. subsp. *eu-hirsuta* ERDN. . . . $2n = 32$

Arabis hirsuta (L.) SCOP. subsp. *planisiliqua* (PERS.) THELL. . . . $2n = 16$

Zu der festgestellten Zahl $2n = 16$ kann ich nur dieses hinzufügen: Hat ROLLINS (1941) die Zahl 16 nur als die haploide Zahl zu der diploiden Zahl 32 festgestellt (für *Arabis hirsuta* (L.) SCOP.), dann ist die von mir gefundene Zahl $2n = 16$ neu und bedeutet für die weitere Bearbeitung des *Arabis hirsuta* —

Komplexes eine wichtige Erkenntnis. — Wenn ich jetzt die niederen taxonomischen Einheiten der sogenannten Art *Arabis hirsuta* (L.) SCOP. berücksichtige, kann ich auf Grund dieser ersten Feststellungen das Taxon (Subspecies) *planisiliqua* ($2n = 16$) als diploid und die Taxone (Varietas) *cordata* und (Subspecies) *eu-hirsuta* vom cytologischen Standpunkt aus als abgeleitete — tetraploide Sippen bezeichnen. Jedoch gestatten uns diese ersten Ergebnisse nicht, eine Folgerung zu formulieren; die Verschiedenheit der Chromosomenzahl von verschiedenen Sippen gibt Anlass, die begonnene Arbeit in dieser Richtung zu erweitern. Eine sinnvolle cytologische Bearbeitung ist aber nur dann möglich, wenn einzelne Taxone auf Einheitlichkeit geprüft werden und wenn die Haupttypen in reine Linien gezüchtet und cytologisch geprüft werden. Durch Kombinationskreuzungen können dann auch die gegenseitigen Beziehungen verschiedener Taxone geklärt werden.

Es gibt im ganzen drei Möglichkeiten von Abweichungen:

1. Verschiedene Chromosomenzahlen, die man bei der Durchforschung der Mitose in den Metaphasenplatten feststellen kann.
2. Unterschiede in der Chromosomenmorphologie, die man bei der Durchforschung der Meiose von der Pachytene bis zur I. Metaphase feststellen kann.
3. Findet man keine Unterschiede, weder in der Chromosomenzahl, noch in der Chromosomenmorphologie, bleibt noch die dritte Möglichkeit, unterschiedliche Typen durch Gen-Unterschiede zu erklären. Welcher Art diese Unterschiede sind, können nur rein genetische Versuche ermitteln.

Die Adresse der Verfasserin: Irena Novotná, Botanisches Institut der ČSAV in Průhonice bei Prag

Erklärungen zu den Tafeln

Taf. XVII, Abb. 1 und Abb. 2. *Arabis hirsuta** *cordata*. Metaphase aus einer Wurzelspitze. KES-Quetschpräparat ohne Vorbehandlung; Mikrophotogramm, Abbildungsmaßstab = 2700 : 1. Abb. 3a und Taf. XVIII, Abb. 4a. *Arabis hirsuta** *cordata*. Metaphase aus einer Wurzelspitze. KES-Quetschpräparat mit Oxyquinolin-Vorbehandlung, ($2n = 32$). Mikrophotogramm, Abbildungsmaßstab = 2700 : 1.

Abb. 3b. und Taf. XVIII, Abb. 4b. Zeichnung der in Abb. 3a. und Abb. 4a. photographierten Zellen. Vergr. etwa 2700mal.

Taf. XVIII, Abb. 5a. *Arabis hirsuta** *cordata*. Metaphaseplatte mit geringerer Chromosomenzahl ($2n = 28$). Mikrophotogramm, Abbildungsmaßstab = 2700 : 1.

Abb. 5b. Zeichnung der in Abb. 5a photographierten Zelle. Vergr. etwa 2700mal.

Taf. XIX, Abb. 6a. *Arabis hirsuta** *eu-hirsuta*. Metaphase aus einer Wurzelspitze. KES-Quetschpräparat mit Oxyquinolin-Vorbehandlung, ($2n = 32$). Mikrophotogramm, Abbildungsmaßstab = 2700 : 1.

Abb. 6b. Zeichnung der in Abb. 6a. photographierten Zelle. Vergr. etwa 2700mal.

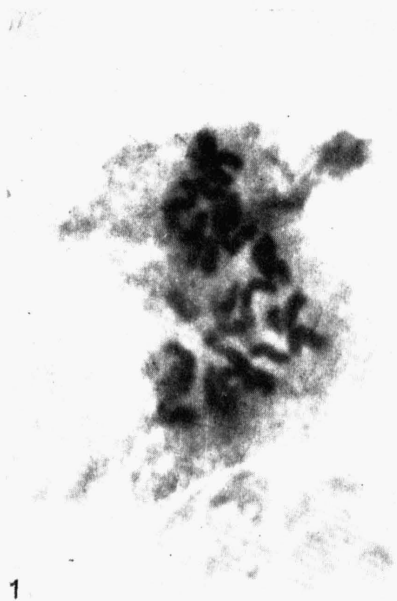
Abb. 7a. *Arabis hirsuta** *planisiliqua*. Metaphase aus einer Wurzelspitze. KES-Quetschpräparat mit Oxyquinolin-Vorbehandlung, ($2n = 16$). Mikrophotogramm, Abbildungsmaßstab = 2700 : 1.

Abb. 7b. Zeichnung der in Abb. 7a. photographierten Zelle. Vergr. etwa 2700mal.

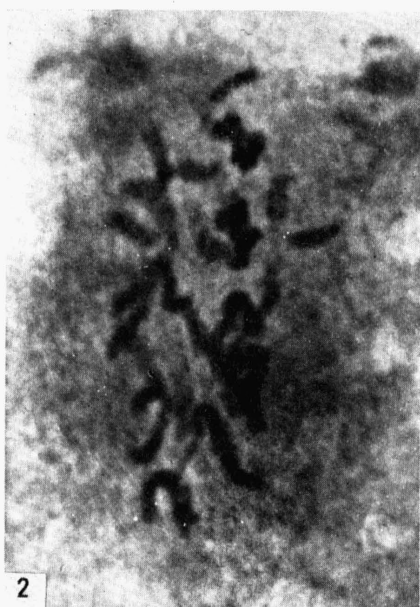
Literaturverzeichnis:

- DARLINGTON C. D. (1957): Chromosomen Botanik. Deutsche Übersetzung: Brabec, F. — Stuttgart.
- DARLINGTON, C. D. and WYLIE, A. P. (1955): Chromosome atlas of Flowering Plants. — London.
- DARLINGTON, C. D. and LA COUR, L. F. (1960): The Handling of Chromosomes. — G. Allen and Unwin Ltd. — London.
- DOSTÁL, J. (1950): Květena ČSR . . . Praha.
- GEITLER, L. (1949): Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung. — 3. Aufl. — Wien.

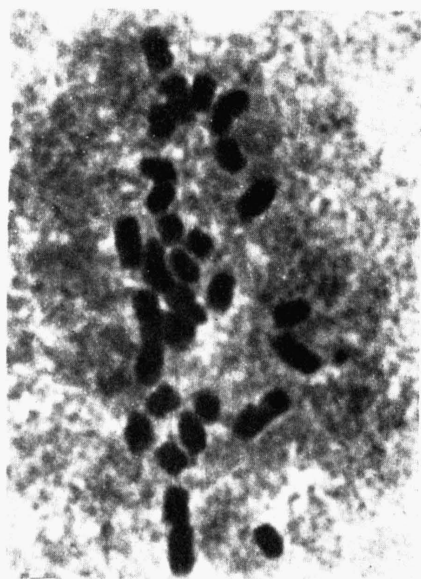
- GRIESINGER, R. (1935): Zytologische und experimentelle Untersuchungen an *Erophila verna*. — Flora, N. Folge, 29, (363–379) — Jena.
- JARETZKY, R. (1928): Untersuchungen über Chromosomen und Phylogenie bei einigen Cruciferen. — Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. 68, (1–45) — Leipzig.
- JORDAN, A. (1861): Diagnoses d'espèces nouvelles ou méconnues. — Annales de la Soc. Linn. de Lyon. Année 1860. N. S. VII. (1861), (476–493).
- MECHELKE, FR. (1954): Die Chromosomenzahlen von *Thymian* und Bohnenkraut. — Die Kulturpflanze, Bd. II. (143–144) — Berlin.
- PAZOURKOVÁ, Z. a PAZOUREK, J. (1960): Rychlé metody botanické mikrotechniky. — Praha.
- ROMEIS, B. (1948): Mikroskopische Technik, 15. Aufl., München.
- ROSEN, F. (1889): Systematische und biologische Beobachtungen über *Erophila verna*. — Botan. Zeitung, Jahrg. 47, (565–577), (581–591), (597–608), (613–620).
- ROSEN, F. (1910): Über Bastarde zwischen elementaren Spezies der *Erophila verna*. — Ber. d. deutsch. Botanischen Gesellschaft, 28, (243–250).
- ROSEN, F. (1911): Die Entstehung der elementaren Arten von *Erophila verna*. — Beitr. zur Biologie d. Pflanzen, 10, (379–420).
- SCOPOLI, J. A. (1772): Flora carniolica, ed. 2, 2 : 30. — Vindobona.
- TISCHLER, G. (1950): Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. — Gravenhage.
- TJIO, J. H. and LEVAN, A. (1950): The use of oxyquinoline in chromosome analysis. — Anal. Estacion Exper. Aula Dei 2 (1) : 21–64.
- TSCHERMAK-WOESS, E. (1950): Über chromosomale Plastizität bei Wildformen von *Allium carinatum* und anderen *Allium*-Arten aus den Ostalpen. — Chromosoma, 3. Bd., (66–87) — Wien.
- WINGE, Ö. (1926): Das Problem der Jordan-Rosenschen *Erophila*-Kleinarten. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 14, (313–334).
- WINGE, Ö. (1940): Taxonomic and evolutionary studies in *Erophila* based on cytogenetic investigations. — Compt. rend. Laborat. Carlsberg, s. physiologique; 23/3, (17–39) — Copenhague.



1



2



3a

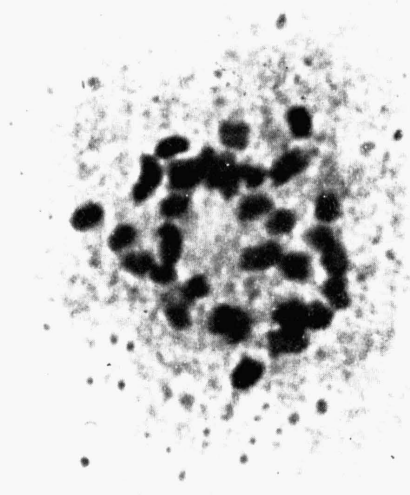


3b

I. Novotná: Untersuchungen über die Chromosomenzahl innerhalb
Arabis hirsuta (Komplex)



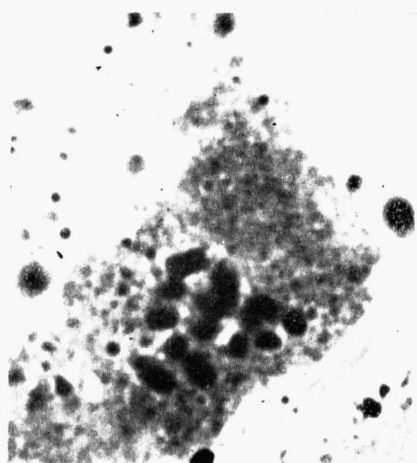
I. Novotná: Untersuchungen über die Chromosomenzahl innerhalb *Arabis hirsuta* (Komplex)



6 a



6 b



7 a



7 b

I. Novotná: Untersuchungen über die Chromosomenzahl innerhalb *Arabis hirsuta* (Komplex)