

P 192  
N° 6—7 B I

JUIN—JUILLET

1937

BULLETIN INTERNATIONAL  
DE L'ACADÉMIE POLONAISE  
DES SCIENCES ET DES LETTRES

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES  
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES (I)

CRACOVIE  
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ  
1937



Publié, par l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, sous la direction  
de M. S. Maziarski, Secrétaire de la Classe des Sciences Mathématiques et  
Naturelles (Cracovie, Institut d'Histologie de l'Université, rue Wielopole 15).

Nakładem Polskiej Akademii Umiejętności.  
Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego

*Studium biometryczne nad zmiennością nasion limby (Pinus Cembra L.). — Etudes biométriques sur la variation des graines de l'Arole.*

Mémoire

de M. L. KORZENIEWSKI,

présenté le 14 juin 1937, par M. B. Hryniewiecki m. t.

**Introduction**

Il existe à présent deux aires rélictuelles du Pin arole (*Pinus Cembra* L.): celle de l'Eurasie septentrionale et celle de l'Europe centrale, séparées par une disjonction considérable.

La vaste aire orientale disjointe commence du côté européen des monts Ourals aux environs de la Vologda et de la Viatka près du bassin Sud de la Dvina, s'étend dans le bassin de la Pétchora, forme des agglomérations disséminées dans les forêts d'épicéas, dans les sapinières et dans les forêts de mélèzes. De là cette aire s'étend en large zone à travers toute la Sibérie jusqu'au 68° de latitude boréale. La limite septentrionale de l'aire franchit les fleuves suivants: l'Obi sous le 68°, l'Jénisséi sous le 68°, la Lena sous le 60°, l'Aldan sous le 56° de latitude boréale. L'aire de l'arole comprend dans le Midi les provinces d'Irkoutsk, de Jakoutie et de Transbaïkalie. L'arole passe ensuite par les monts Iablonoi jusqu'à la péninsule des Tchouktches où il atteint la limite septentrionale des forêts. Il a ici l'aspect d'un arbrisseau, qui forme des taillis touffus composé d'échantillons de la variété rampante (race géographique) de *Pinus Cembra* v. *pumila*, Regel, qui sauf le port en diffère par des aiguilles aplaties sur les bords (chez *Pinus Cembra*) serrulées et par des cônes cylindriques (chez *Pinus Cembra*) ovoïdes.

L'arole croissant dans les monts Altaï, dans la chaîne de Saïan et dans la région Transbaïkalienne diffère de celui de la plaine par une plus petite taille et par des cônes plus courts et plus larges. Certains auteurs le considèrent comme une espèce distincte: *Pinus coronans* Litw.

Quant à l'arole des tourbières de la Sibérie occidentale, il ne s'écarte que légèrement de la forme typique probablement écotype. Il s'agit là pour certains auteurs d'une forme distincte: *Pinus sibirica* f. *turfosa*.

Soukatcheff suppose, qu'il faut également considérer la variété *humistrata* (Midd) Litw. f. *depressa* Kom., arbuste de petite taille poussant dans les monts Altaï au-dessus de la limite supérieure des forêts, comme une forme climatique.

La seconde aire de cette plante, séparée de l'aire subarctique, se compose d'une série d'îlots épars.

En Europe centrale l'arole habite exclusivement les régions des hautes montagnes. Dans les Carpathes Orientales, dans les Tatra et les Alpes, il croît à la limite supérieure des forêts, dans la zone des épicéas rabougris et dans les zones inférieures des pins nains serrés, où il forme des peuplements purs, soit plus souvent mélangés, disposés en touffe ou isolés.

On comprend aisément qu'un arbre dont les territoires de distribution sont si éloignés les uns des autres doit pouvoir s'adapter aux divers facteurs climatiques et édaphiques. Ce pouvoir devrait se manifester par une certaine différenciation de la population de l'arole.

Si l'on considère l'espèce de Linné, au sens que lui donne Johansen comme un mélange de divers biotypes, qui se distinguent aussi bien par leurs caractères morphologiques que par leurs traits physiologiques, il est permis de supposer, que dans une aire discontinue il se produit une sélection des biotypes sous l'influence des facteurs agissant dans le milieu ambiant.

C'est à cette sélection qu'on devrait attribuer la différenciation et la prédominance quantitative des individus, qui dans les conditions données du milieu possèdent accidentellement des traits, qui leurs sont les plus favorables.

Des différences morphologiques entre l'arole de Sibérie et celui de l'Europe centrale ont été signalées par plusieurs auteurs. D'après Gordon (Köppen — Geogr. Verbr. der Holzgewächse. s. 430) les

aiguilles de la variété sibérienne sont plus menues que celles l'arole européen. Suivant Schübeler (Köppen — Geogr. Verbr. der Holzgewächse s. 430) elles sont plus longues et plus claires. Quant aux dimensions des graines, les opinions sont également divergentes. Schübeler admet que les graines sibériennes sont beaucoup plus petites que les européennes, tandis que de l'avis de Willkomm elles sont au contraire plus grandes (Köppen — Geogr. Verbr. der Holzgewächse, s. 430).

D'après Soukatcheff (Dendrologie 1934) l'arole de Sibérie diffère de l'arole de l'Europe occidentale par une taille plus élevée, par des aiguilles plus courtes, par des cônes plus longs, des graines plus grosses et par leur coque plus dure et épaisse.

Il est intéressant de noter que tous les auteurs mentionnés ci-dessus considèrent l'arole de l'Europe centrale, habitant trois aires insulaires, éloignées l'une de l'autre, comme une population uniforme.

Kirchner, Löw et Schröter (Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. I. 1903) insistent sur les traits suivants, qui permettent de distinguer *Pinus sibirica* Mayr. de *Pinus Cembra* L.: la croissance plus rapide, la cime rétrécie, les feuilles plus courtes, les cônes plus longs et plus cylindriques, les graines plus volumineuses.

D'après Połujański (Leśnictwo Polskie — La sylviculture en Pologne) les graines de l'arole sibérien sont grises, tandis que celles des Carpathes et des Tatra sont brunes. Les graines, que j'ai récoltées en 1929 dans les Tatra méridionaux étaient grises; celles qu'on m'a envoyées à la même époque de Sibérie orientale, avaient une couleur brune.

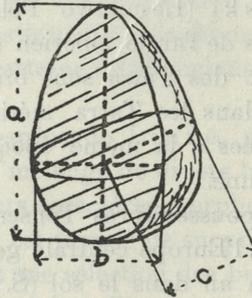
L'arole de Sibérie pousse après l'ensemencement, tandis que les graines de l'arole de l'Europe centrale germent le plus souvent après avoir séjourné un an dans le sol (S. Sokołowski — Hódowla lasu).

Les différences entre les deux populations principales de l'arole sont surtout quantitatives. Pour pouvoir les découvrir, les systématiseurs ont appliqué des méthodes subjectives, qui permettent une libre interprétation et dépendent souvent de l'intuition de l'auteur. Il importe cependant d'appliquer à ce genre de recherches des méthodes objectives et quantitatives, basées sur la statistique.

Je les emploie dans le travail présent. Malgré la grande ressemblance des objets comparés et l'influence qu'exercent sur leur grosseur les différentes variations, ces méthodes permettent d'indiquer la présence respectivement l'absence des différences essentielles entre les graines. En ce qui concerne le caractère éventuel des différences réelles, révélés par ces méthodes, on ne saurait émettre évidemment une opinion définitive. Seules des recherches expérimentales peuvent résoudre le problème, si les différences déjà mentionnées dépendent de l'influence du milieu, ou si elles s'expliquent par des populations hétérogènes au point de vue génétique.

### L'objet des recherches

Mes investigations portaient sur les graines de l'arole. Ce sont des »noisettes« cunéiformes et triariétales dont la couleur généralement brune mate, est parfois à peu près grise. Elles sont pourvues d'un tégument fortement convexe d'un côté et plat du côté adhérent à l'écaille dans le cône. Ces graines s'écartent de toutes les autres qu'on trouve dans les différentes espèces du genre *Pinus*, par le détail qu'elles sont dépourvues d'ailes. Celles-ci persistent cependant parfois sous une forme rudimentaire et constituent une mince bordure brune sur la coque de la »noisette«.



1. Schéma de la graine de l'arole (a — longueur; b — largeur; c — épaisseur).

J'ai examiné trois dimensions de la graine: la longueur, la largeur et l'épaisseur. Grâce à la structure caractéristique de »la noisette« on peut toujours les déterminer.

La présence de l'aile rudimentaire sur le côté aplati de »la noisette« permet facilement de distinguer la largeur de l'épaisseur au cours des mesurages.

Chaque graine a été mesurée à l'aide d'un nonius dans le trois directions, et cela avec une exactitude de 0.1 mm. Nous avons obtenu pour chacune des trois variables une série de valeurs, dont l'élaboration statistique nous a permis de comparer les populations des graines examinées. Nous nous sommes servis de ces valeurs pour tirer des conclusions relatives à la présence ou à l'absence de différences réelles entre les graines.

L'arole sibérien était représenté par deux populations-échantillons:

1) L'une de 440 graines, récoltée par M. P o v a r n i t z y n dans les monts Saïans Orientaux région de la Petite Blanche, à une altitude de 1200 m. au-dessus du niveau de la mer (il s'agissait probablement de *Pinus coronans* Litwinow);

2) l'autre de 600 graines, récoltée par M. M. W a s i l i e w dans le territoire de la Sibérie Orientale district Znamienin, région de Jelanow.

L'Institut Botanique de l'Ac. des Sciences à Leningrade a bien voulu nous envoyer ces échantillons, ce dont nous nous empressons de remercier Monsieur le Prof. B. A. Keller. Nous les avons comparés avec les populations-échantillons, qui correspondent à deux centres de distribution de l'arole dans les montagnes de l'Europe centrale, savoir:

1) 1940 graines, provenant de Gorgany, propriété de l'archevêché gréco-catholique de Lwów;

2) 600 graines provenant des Tatra Méridionales, obtenues de l'Institut Botanique de l'Université de Prague, grâce à l'amabilité de Monsieur le Prof. K. D o m i n.

Tous les échantillons ont été recueillis au mois de Septembre 1932.

Note. Les données statistiques sur une population peuvent nous renseigner sur l'influence qu'un facteur déterminé exerce sur les valeurs relatives à ses caractères, tels que la situation géographique dans le cas donné, mais à condition d'avoir la certitude que l'action de tous les autres facteurs a été la même pour chaque population comparée.

Les ramasseurs ont prélevé sur les populations, au hasard et indépendamment de moi, le matériel dont je me suis servi dans mes recherches.

D'après ce que nous venons de dire, on ne peut guère réunir beaucoup de données sur les différences essentielles entre les groupes de graines étudiés.

Abstraction faite de l'existence possible de différences génétiques entre les populations, les résultats obtenus peuvent dépendre de plusieurs facteurs.

Les facteurs suivants ont pu avoir de l'influence sur les résultats positifs des recherches:

1) Les variations intraindividuelles, c'est-à-dire intéressant un seul échantillon, et provenant de l'action d'une série de facteurs, parmi lesquels voici les plus importants:

- a) la différence de l'éclairement et
- b) les propriétés individuelles de l'arbre.

2) La nature du sol ou plutôt le type du peuplement, qui comprend l'ensemble des facteurs agissant sur le développement de l'arbre.

3) La situation de l'habitat au-dessus du niveau de la mer.

4) La latitude géographique.

5) L'âge de l'arbre.

6) Les conditions atmosphériques.

7) Le degré de fertilité de l'année de la récolte.

8) L'époque de la récolte.

9) La grosseur des cônes etc.

Quant aux poids des graines de conifères, on sait qu'il diminue suivant la hauteur verticale et à mesure qu'on s'avance vers le Nord.

### Méthodes des recherches

Pour rendre comparables les valeurs examinées, il importe de les soumettre à une élaboration statistique au moyen de classifications multiples, afin qu'on puisse les comparer au point de vue qualitatif. D'autre part, ces valeurs deviennent comparables quantitativement, en déterminant les séries de fréquence sous forme de caractéristiques numériques.

Nous représentons les séries sous forme de polygones de variations, dont on indique la fréquence des classes sur les ordonnées pour comparer le pourcentage.

N'ayant pas, pour des raisons d'ordre technique, la possibilité de ranger les valeurs limites des classes en augmentant l'exactitude des mesurages et en la portant à un chiffre décimal, il a été nécessaire de les répartir dans des classes limites, proportionnellement à leur fréquence.

Pour désigner le caractère quantitatif des séries de fréquence nous avons employé:

1) La moyenne arithmétique:  $A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} n_i x_i$  calculée suivant la formule simplifiée:  $A = \Theta + \lambda \frac{\sum n_i z_i}{N}$ , c'est-à-dire en formant une série de fréquence relative, où l'on calcule les variantes des classes relatives ( $z_i$ ) de la valeur initiale ( $\Theta$ ), qu'on prend pour zéro dans la série de fréquence relative.

2) La déviation moyenne  $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N} n_i (x_i - A)^2}{N} - \frac{\lambda^2}{12}}$ . La correction de Sheppard, employée dans la formule, diminue l'erreur commise au cours du calcul, concernant la déviation moyenne et provenant du remplacement de la valeur respective à la variable à l'intérieur de l'intervalle des classes par des valeurs égales aux milieux des intervalles des classes. Cette correction peut être appliquée dans le présent travail sans aucune restriction à cause de la continuité des séries examinées et de leur fréquence, qui diminuent successivement à zéro dans les deux directions.

Nous avons calculé la déviation moyenne de la formule simplifiée:

$$\sigma_x = \sqrt{\lambda^2 \left( \frac{\sum n_i z_i^2}{N} - \frac{\sum n_i z_i}{N} - \frac{\lambda^2}{12} \right)}$$

obtenue d'après la formule simplifiée concernant la moyenne arithmétique.

Comme mesure de la dispersion absolue on a employé outre le coefficient relatif de la variation  $v = 100 \frac{\sigma}{A}$  et comme mesure d'asymétrie — le coefficient de Pearson  $\alpha = 3 \frac{A - z}{\sigma}$  ( $z$  — la médiane) qui n'ont d'ailleurs pas de grande importance dans le présent travail.

La méthode de la comparaison des populations, dont on fait usage dans ce travail, consiste dans la constatation de la ci-nommée réalité de la différence entre les valeurs moyennes concernant les caractères. Si p. ex. la différence des moyennes arithmétiques d'une variable quelconque de deux groupements est au moins trois fois plus grande que son erreur moyenne  $d = \frac{D}{\pm \sqrt{m_{A_1}^2 + m_{A_2}^2}} > 3$  où

$m_A = \frac{\sigma}{\pm \sqrt{N}}$ , il existe alors dans la pratique une certitude suffisante, qu'elle n'est pas fondée sur une sélection accidentelle du matériel. A mesure de l'accroissement de  $d$  cette certitude augmente. Si  $d = 4$  il existe à peine une chance sur 27000, que la différence n'est pas accidentelle. Si toute une série de traits est caractérisée par une différence réelle, nous pouvons admettre, que nous sommes en présence de deux groupes d'échantillons morphologiquement distincts. Si  $d > 3$ , il existe une probabilité minime, que les différences démontrées ne peuvent avoir que la signification »de déviations d'échantillons simples« et résulter exclusivement du droit »des tirages au sort«.

Nous employons la méthode ci-dessus pour démontrer la présence ou l'absence de différences essentielles entre les graines de l'arole provenant de quatre stations éloignées l'une de l'autre.

Remarque: La méthode de triple erreur, employée pour constater l'existence effective concernant le groupement, présente un caractère tellement négatif, que la grandeur  $d = \frac{D}{m_D}$  dépend dans une large mesure de la quantité du matériel examiné. En général, d'après les travaux statistiques le minimum suffisant à la certitude des résultats des recherches correspond à 200 (il existe des travaux, dont les auteurs déduisent en toute certitude des conclusions concrètes de recherches pareilles en procédant avec les fréquences de 50 ou moins de variants).

Nous avons tâché de faire les recherches suivantes pour résoudre le problème si la grandeur des groupements donnés est suffisante pour obtenir des résultats exacts et si la probabilité est assez satisfaisante, que la moyenne arithmétique de la population la moins nombreuse (400 variants) détermine d'une manière suffisante le groupement représenté par elle (cette méthode diffère peu de la moyenne arithmétique concernant la population la plus nombreuse), à savoir:

Pour le groupement le plus nombreux nous avons successivement calculé la moyenne arithmétique, pour une série de populations-échantillons, qui en étaient tirées au sort tout à fait indépendamment et avaient des fréquences augmentant régulièrement de 10 unités.

La technique, appliquée aux recherches, était la suivante: après avoir enregistré sur 1940 billets (fréquence des graines provenant

des Carpathes Orientales) les valeurs de l'une des variables examinées, notamment de celle se rapportant à la longueur, j'ai tiré ensuite un billet de leur ensemble bien mélangé. Ayant noté la valeur qu'il exprimait je l'ai mis de nouveau dans la collection et j'en ai tiré un autre billet, indépendamment du tirage au sort précédent (il a été tiré également de la collection comprenant le nombre total des variants).

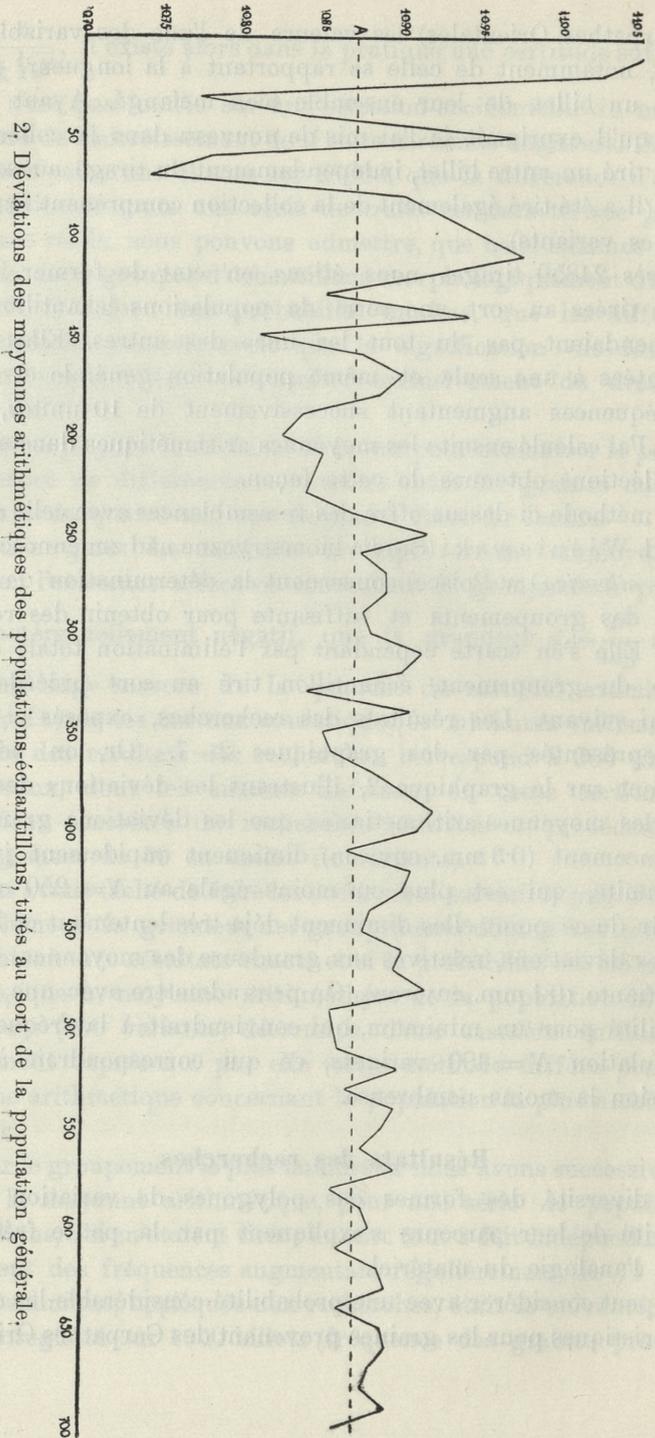
Après 24850 tirages nous étions en état de former, avec les valeurs tirées au sort, une série de populations-échantillons, qui ne dépendaient pas du tout les unes des autres. Elles étaient empruntées à une seule et même population générale et avaient des fréquences augmentant successivement de 10 unités, de 10 à 700. J'ai calculé ensuite les moyennes arithmétiques dans soixante-dix collections obtenues de cette façon.

La méthode ci-dessus offre des ressemblances avec celle adoptée par Tad. Wiśniewski (*Studia biometryczne nad zmiennością buka (Fagus sylvatica) w Polsce*) concernant la détermination de la fréquence des groupements et suffisante pour obtenir des résultats exacts. Elle s'en écarte cependant par l'élimination totale de l'influence du groupement, échantillon tiré au sort précédemment de celui suivant. Les résultats des recherches, exposés ci-dessus, sont représentés par des graphiques 2—7. Or, on peut lire nettement sur le graphique 2, illustrant les déviations des grandeurs des moyennes arithmétiques, que les déviations grandes au commencement (0.3 mm. environ) diminuent rapidement jusqu'au point limite, qui est plus ou moins égale au  $N=250$  environ. A partir de ce point elles diminuent déjà très lentement et l'amplitude des déviations, relatives aux grandeurs des moyennes, devient insignifiante (0.1 mm. environ). On peut admettre avec une grande probabilité pour un minimum, qui conviendrait à la fréquence de la population  $N=400$  variants, ce qui correspondrait à notre population la moins nombreuse.

### Résultats des recherches

La diversité des formes des polygones de variation et l'irrégularité de leur parcours s'expliquent par la petite fréquence, malgré l'analogie du matériel.

On peut considérer avec une probabilité considérable les courbes caractéristiques pour les graines provenant des Carpathes Orientales



2. Déviations des moyennes arithmétiques des populations-échantillons, tirés au sort de la population générale.

( $N=1940$ ) comme rapprochées par leur allure des courbes de variations idéales, qui leur correspondent et qu'on pourrait en obtenir en augmentant successivement le nombre des classes et en diminuant les intervalles entre celles-ci.

### La longueur des graines

La longueur absolue des graines varie dans toutes les populations de 8 à 14 mm. en moyenne; on n'aperçoit donc pas de différences dans l'intervalle effectif de la variable. Il n'en résulte pourtant pas qu'elles ne puissent exister dans un autre cas. L'amplitude des valeurs des déviations concernant la variable, dépend trop du phénomène de la probabilité et toutes les conclusions déduites de la présence (comme dans le cas donné) ou de l'absence entre les séries de fréquence sous ce rapport ne sont pas réelles.

Station	$N$	$A \pm m_A$	$\sigma \mp m_\sigma$	$\nu \mp m_\nu$	$\alpha$
Sibérie I . . . .	440	10.783 $\mp$ 0.036	0.7560 $\mp$ 0.025	7.010 $\mp$ 0.239	0.647
Sibérie II . . . .	660	10.8410 $\mp$ 0.0293	0.7595 $\mp$ 0.021	7.005 $\mp$ 0.193	-0.023
Carpathes Orientales . . . . .	1940	10.8695 $\mp$ 0.0175	0.7710 $\mp$ 0.012	7.093 $\mp$ 0.114	-0.043
Tatra Méridionales . . . . .	600	11.1350 $\mp$ 0.036	0.9170 $\mp$ 0.026	8.235 $\mp$ 0.239	-0.075

Ainsi qu'il résulte du tableau ci-dessus, les dimensions moyennes de la longueur de la graine diffèrent entre elles. Les graines, provenant de la Sibérie, étaient les plus courtes, celles des Tatra — les plus longues. Les graines originaires des Carpathes Orientales diffèrent légèrement en ce qui concerne la longueur de celles provenant de Sibérie.

La comparaison statistique nous apprendra s'il est possible d'établir des différences réelles entre ces longueurs. Le rapport  $\frac{D}{m_D}$  est  $< 2$  pour les graines sibériennes provenant de deux stations différentes.

On peut en dire autant des graines sibériennes originaires de deux stations ainsi que de celles provenant des Carpathes Orien-

tales. Les longueurs des graines de 2 populations sibériennes et de celle de Carpathes Orientales sont pareilles.

Les graines de l'arole des Tatra diffèrent essentiellement de toutes les autres graines mentionnées ci-dessus. Pour le groupement des Tatra et de celui sibérien des montagnes  $\frac{D}{m_D} > 7$ , pour celui des

Tatra et de celui sibérien de la plaine  $\frac{D}{m_D} > 6$ , de celui des Tatra

et des Carpathes Orientales  $\frac{D}{m_D} > 6$ . Or, nous voyons, que la longueur

des graines de l'arole des Tatra s'écarte fortement non seulement de celle des graines sibériennes, mais, chose importante, qu'elle diffère de la longueur des graines provenant des Carpathes Orientales qui sont presque identiques aux graines de Sibérie. La différence est réelle, car  $\frac{D}{m_D}$  dépasse de beaucoup la valeur 3.

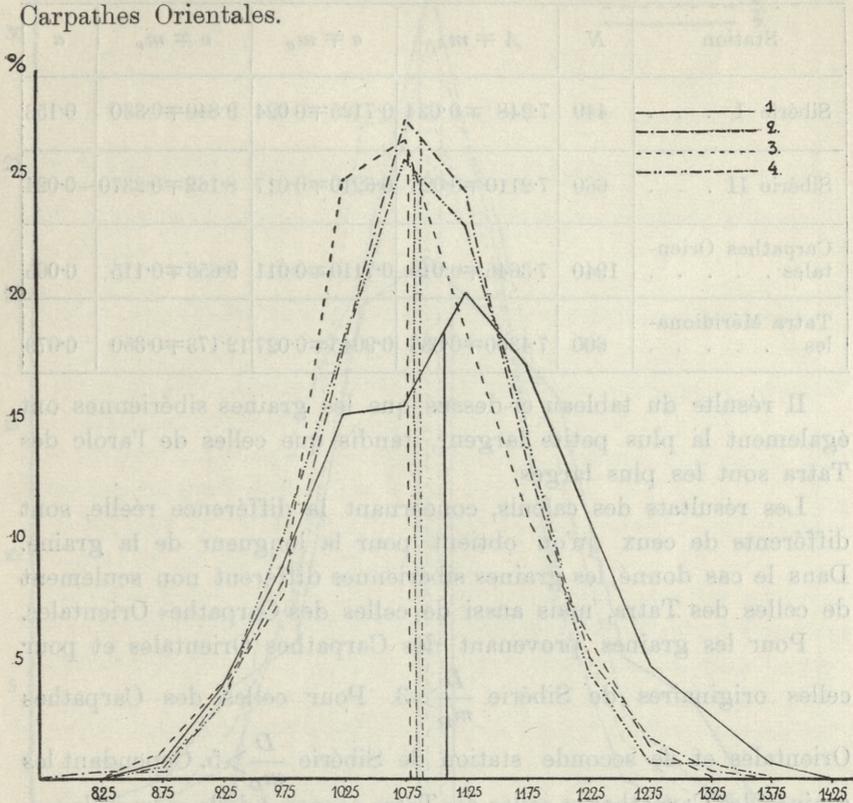
Quant à la variation des graines, celles de Sibérie comme celles des Carpathes Orientales ont accusé peu de variabilité de la longueur. De plus, les séries de fréquence, caractéristiques pour ces graines se distinguent par une dispersion presque identique. ( $\sigma$  et  $\nu$  sont presque égales pour les trois groupements). Cependant les graines des Tatra sont beaucoup moins homogènes. L'indice de la variation et la déviation moyenne révèlent une différence réelle par rapport aux autres groupements.

Quant aux allures des courbes de variation de la longueur des graines elles dépendent, comme toutes les courbes semblables, dans une grande mesure de la fréquence des séries, qu'elles représentent.

L'allure bizarre de la courbe multimodale, correspondant aux graines de l'arole des Tatra, qui n'exprime ni le polymorphisme interne de la race, ni celui de la coexistence des races, s'explique par la petite fréquence. C'est ce qui a également déterminé l'asymétrie apparemment différente, relative aux courbes des deux groupements sibériens.

À mesure qu'augmente la fréquence du groupement, la courbe des variations se rapproche par son allure de la courbe théorique, donnée par le binôme:  $(p + q)^n$  et qui exprime l'action de toutes les causes externes et internes, qui n'ont point de rapport entre elles.

A une telle courbe doit correspondre dans une certaine mesure le polygone de variations concernant les graines de l'arole des Carpathes Orientales.



3. Longueur des graines (1 — Tatra Mérid.; 2 — Carpathes Orient.; 3 — Sibérie I; 4 — Sibérie II).

Dans le graphique 3 il est représenté, comme nous le voyons, par une courbe unimodale, quelque peu négativement asymétrique (le coefficient d'asymétrie 0,043). La diminution de la fréquence des classes a lieu plus rapidement du côté gauche du maximum, que côté droit de celui-ci. Le graphique comparé, concernant les polygones de variation, fait nettement voir la différence entre le groupement des Tatra et d'autres groupements.

Les moyennes arithmétiques et le maximum sont nettement déplacés à droite, par rapport aux autres. L'allure de la courbe est distincte, ce qui exprime une forte dispersion des caractères.

La largeur des graines  
Elle varie dans les limites de 4.5 à 10 mm.

Station	N	$A \mp m_A$	$\sigma \mp m_\sigma$	$\nu \mp m_\nu$	$\alpha$
Sibérie I . . . .	440	7.248 $\mp$ 0.034	0.7125 $\mp$ 0.024	9.840 $\mp$ 0.330	0.153
Sibérie II . . . .	660	7.2110 $\mp$ 0.023	0.6210 $\mp$ 0.017	8.162 $\mp$ 0.2370	-0.024
Carpathes Orientales . . . . .	1940	7.3646 $\mp$ 0.016	0.7110 $\mp$ 0.011	9.653 $\mp$ 0.115	0.065
Tatra Méridionales . . . . .	600	7.4300 $\mp$ 0.036	0.9045 $\mp$ 0.027	12.173 $\mp$ 0.350	0.079

Il résulte du tableau ci-dessus que les graines sibériennes ont également la plus petite largeur, tandis que celles de l'arole des Tatra sont les plus larges.

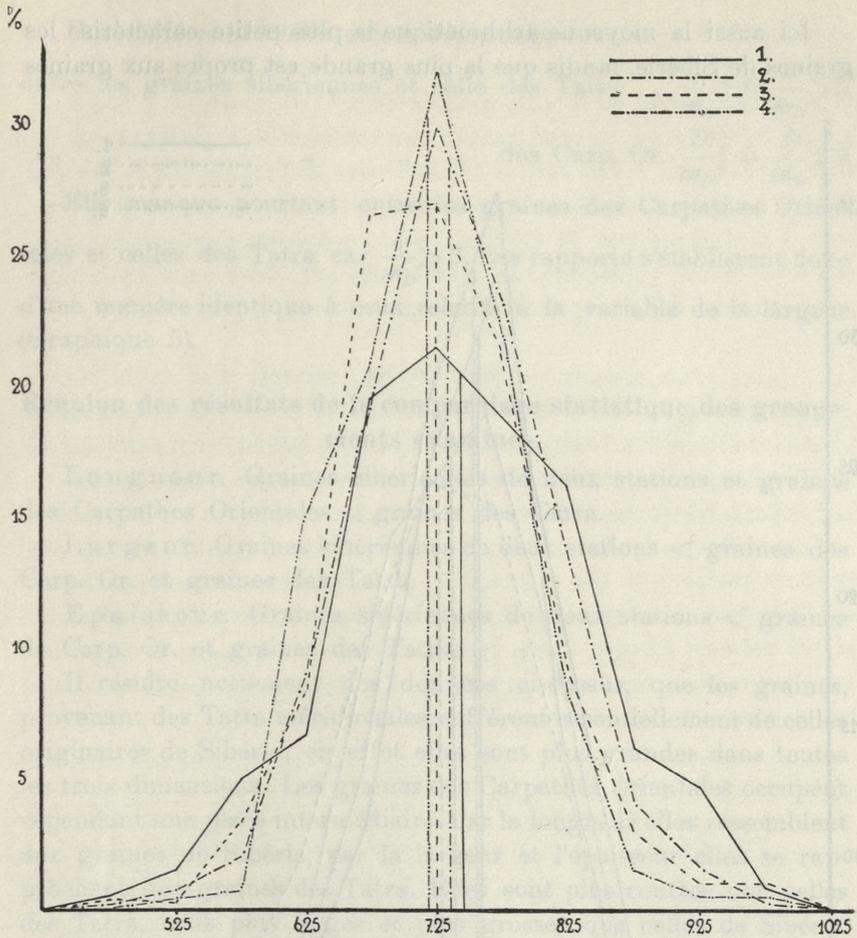
Les résultats des calculs, concernant la différence réelle, sont différents de ceux qu'on obtient pour la longueur de la graine. Dans le cas donné, les graines sibériennes diffèrent non seulement de celles des Tatra, mais aussi de celles des Carpathes Orientales.

Pour les graines provenant des Carpathes Orientales et pour celles originaires de Sibérie  $\frac{D}{m_D} > 3$ . Pour celles des Carpathes Orientales et de seconde station de Sibérie  $\frac{D}{m_D} > 5$ . Cependant les graines des Carpathes et celles des Tatra accusent de la ressemblance.

Les graines des Tatra manifestent cependant la plus grande variation. L'allure de la courbe de variation, relative à la largeur des graines de la population la plus nombreuse, se rapproche de celle de la courbe de la variation relative à la longueur (Graphique 4).

La représentation graphique concernant les polygones de variation montre nettement la position réciproque des moyennes arithmétiques.

Les moyennes de deux populations sibériennes, qui sont presque identiques, diffèrent nettement de celle des Tatra et des Carpathes Orientales. Les maxima se rapportant aux polygones de variation se trouvent sur la même ordonnée. Cela n'a cependant aucune importance comparative, si les fréquences des séries examinées sont aussi peu nombreuses que celles, avec lesquelles nous avons opérées.



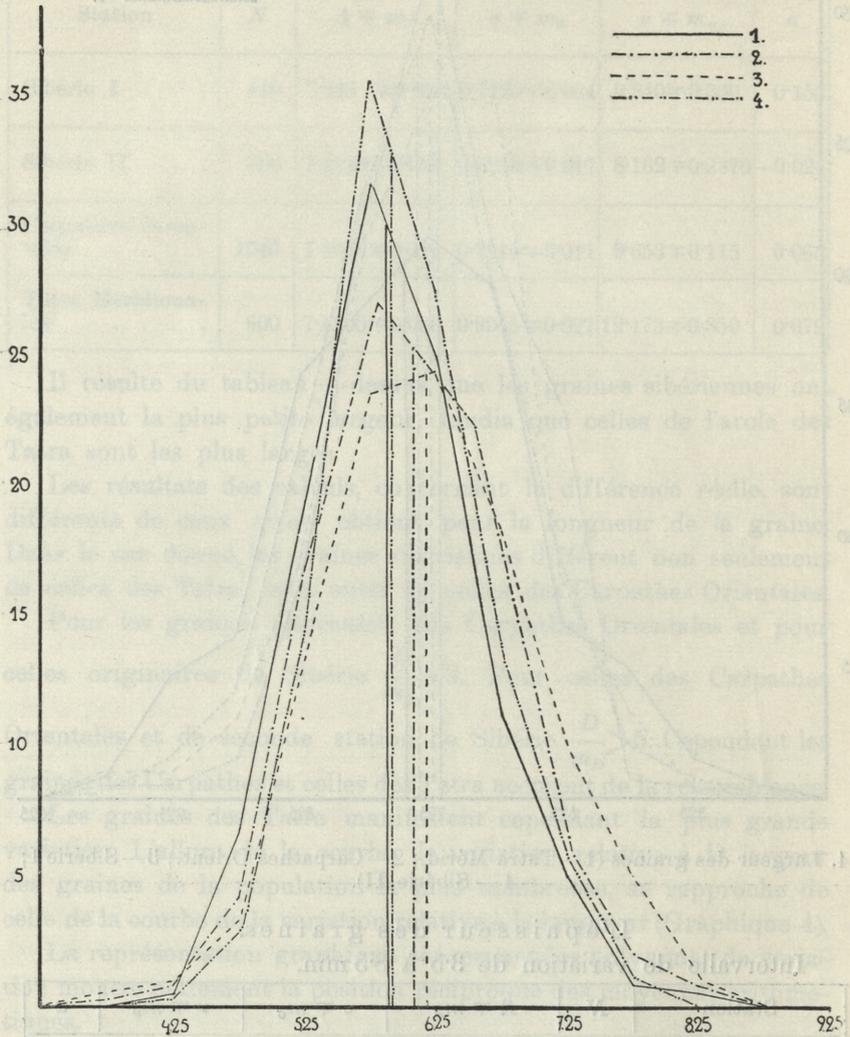
4. Largeur des graines (1—Tatra Mérid.; 2—Carpathes Orient.; 3—Sibérie I; 4—Sibérie II).

L'épaisseur des graines.

Intervalle de variation de 3.5 à 8.5 mm.

Station	<i>N</i>	$A \mp m_A$	$\sigma \mp m_\sigma$	$\nu \mp m_\nu$	$\alpha$
Sibérie I . . . . .	440	5.909 $\mp$ 0.031	0.6535 $\mp$ 0.022	11 $\mp$ 0.370	0.150
Sibérie II . . . . .	660	5.925 $\mp$ 0.023	0.5940 $\mp$ 0.016	9.9 $\mp$ 0.270	0.197
Carpathes Orientales . . . . .	1940	6.091 $\mp$ 0.015	0.6954 $\mp$ 0.011	11.42 $\mp$ 0.183	0.160
Tatra Méridionales . . . . .	600	6.205 $\mp$ 0.31	0.7710 $\mp$ 0.022	12.42 $\mp$ 0.360	0.105

Ici aussi la moyenne arithmétique la plus petite caractérise les graines de Sibérie, tandis que la plus grande est propre aux graines



5. Epaisseur des graines (1 — Sibérie II; 2 — Carpathes Orient; 3 — Tatra Mérid.; 4 — Sibérie I).

des Tatra. D'après les résultats de la comparaison statistique, les graines sibériennes ne diffèrent presque pas entre elles.

Une différence réelle existe cependant:

entre les graines sibériennes et celle des Tatra  $\frac{D}{m_D} > 6$   $\frac{D}{m_D} > 5$

” ” ” ” ” ” des Carp. Or.  $\frac{D}{m_D} > 5$   $\frac{D}{m_D} > 4$

Elle manque pourtant entre les graines des Carpathes Orientales et celles des Tatra car  $\frac{D}{m_D} > 3$ . Les rapports s'établissent donc d'une manière identique à ceux relatifs à la variable de la largeur (Graphique 5).

### Réunion des résultats de la comparaison statistique des groupements examinés.

Longueur. Graines sibériennes de deux stations et graines des Carpathes Orientales < graines des Tatra.

Largeur. Graines sibériennes de deux stations < graines des Carp. Or. et graines des Tatra.

Épaisseur. Graines sibériennes de deux stations < graines de Carp. Or. et graines des Tatra.

Il résulte nettement des données ci-dessus, que les graines, provenant des Tatra méridionales, diffèrent essentiellement de celles originaires de Sibérie; en effet elles sont plus grandes dans toutes les trois dimensions. Les graines des Carpathes Orientales occupent cependant une place intermédiaire. Par la longueur elles ressemblent aux graines de Sibérie, par la largeur et l'épaisseur elles se rapprochent des graines des Tatra. Elles sont plus courtes que celles des Tatra, mais plus larges et plus grosses que celles de Sibérie.

La valeur des résultats ci-dessus est diminuée par les facteurs que nous avons exposés dans la «Remarque» (pag. 114). Le résultat de la représentation statistique peut être la conséquence d'agents entièrement différents de ceux, dont nous avons voulu tenir compte dans le cas donné et s'expliquer par la différence d'origine. Vu l'état décrit ci-dessus et l'existence d'un autre côté faible du présent travail, notamment de la fréquence de populations nombreuses et différentes, le résultat de la comparaison des groupements sibériens offre de l'intérêt.

Les graines sont identiques sous le rapport de tous les traits examinés, quoique l'un d'eux correspond à l'arole des montagnes, provenant des monts Saïan Orientaux à 1200 m. d'altitude au-dessus



si les deux variables n'ont point de rapport réciproque  $r=0$ , si  $r=1$  la corrélation est complète.

Nous avons calculé les coefficients de corrélation, en partant de la formule simplifiée, dont nous devons la déduction de la formule typique à l'amabilité du prof. Olekiewicz.

La formule est la suivante:

$$r_{xy} = \frac{(\Sigma x^2 + \Sigma y^2 - \Sigma D^2) \frac{N}{2} - \Sigma x \Sigma y}{\sqrt{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \sqrt{N \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}}$$

On peut déjà déduire des tableaux ci-dessus, qu'il existe une corrélation entre les traits examinés, mais à un degré plus faible que celui, qu'on pourrait attribuer aux traits linéaires.

Les tableaux indiquant la corrélation entre la longueur et la largeur, nous renseignent sur la coïncidence relativement la plus grande des valeurs élevées, propres à un caractère, avec les valeurs pareilles d'un autre trait.

Les coefficients de corrélation dans le cas donné sont les suivants:

Sibérie:	$r=0.430$	$r=0.437$
Carpathes Orient:	$r=0.390$	
Tatra:	$r=0.530$	

La corrélation entre la longueur et la largeur est donc assez forte. Elle est beaucoup plus faible cependant entre la longueur et l'épaisseur des graines ( $r=0.26, 0.29, 0.29$ ) et entre l'épaisseur et la largeur ( $r=0.274, 0.294, 0.222$ ).

On peut en déduire que les résultats notés ci-dessus ne sont pas accidentels, parce qu'ils varient tous entre des limites relativement étroites:  $0.2 < r < 0.3$ . Les résultats différents, que donne la comparaison statistique de la population en ce qui concerne trois caractères de la graine peuvent s'expliquer par le manque de corrélation.

#### Le poids de la graine.

Pour des raisons d'ordre technique, je n'ai pu appliquer au poids des graines les méthodes générales dont je me suis servi pour étudier les populations-échantillons; en effet, j'ai dû admettre comme unité le poids de 10 graines, ce qui a fait diminuer 10 fois la fréquence des populations. D'autre part, le poids de la

graine est une variable qui depend dans une grande mesure des conditions extérieures, de sorte qu'il n'a pas une grande valeur comparative.

En examinant le poids des graines, je me suis donc borné à calculer les coefficients de corrélation et à dresser les tableaux de corrélation, concernant la longueur des graines et le poids de dizaines de graines. J'ai pesé d'abord les graines par dizaines avec une exactitude de 0.001 gr. dans l'intervalle des classes de la longueur. Cette corrélation est à peu près complète ( $r = 0.979, 0.790, 0.940$ ).

### Longueur des graines en mm

		8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	12								
Poids des graines en grm/dizaines/	2.8										1	1	2								
	2.7									2	2	1	1	6							
	2.6								2	1	1	1		5							
	2.5									1	3	3	2	9							
	2.4									2	9	11	3	25							
	2.3										2	7	7	1	17						
	2.2											1	10	9	6	1	27				
	2.1												1	5	10	5	1	22			
	2.0													7	10	13	6	36			
	1.9														1	3	9	7	2	22	
	1.8															3	2	3	1	3	12
	1.7															4	3	1	1		9
	1.6																	1			1
1.5																				1	
1.4																				1	
1.3																				1	
12	1	1	8	16	32	52	46	25	10	3	1		195								

7. Tableau de la corrélation de la longueur et du poids des graines de l'arole de Carpathes Orientales.

Nous pouvons donc rapporter avec une grande probabilité les résultats de la comparaison statistique, relative à la longueur des graines, au poids des graines, qui est en corrélation totale (Graphique 7).

D'après Kirchner, Löw et Schröter les graines de *Pinus sibirica* Mayr. sont plus grandes que celles de *Pinus Cembra* L. Comme nous le voyons, les mesurages ont démontré le contraire.

Les recherches statistiques sur les valeurs réelles, comparées avec les autres différences quantitatives entre *Pinus Cembra* L. et *Pinus sibirica* Mayr., qui nous ont servi à discerner ces deux espèces (il est important de tenir compte de la population alpine), sont un problème encore à résoudre.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur le Prof. Dr Bolesław Hryniewiecki, qui a bien voulu me prodiguer ses précieux conseils et diriger mes travaux, exécutés à l'Institut de Botanique Systématique et de Phytogéographie de l'Université Józef Piłsudski à Warszawa.

J'exprime également mes remerciements à M<sup>me</sup> le Dr Hanna Czeczott et à Mr. le Dr Tadeusz Wiśniewski, pour l'aide qu'ils ont bien voulu me prêter au cours de mes recherches.

#### Résumé.

Les étendues subarctiques de la dispersion de l'arole *Pinus Cembra* L. étant séparées par une vaste disjonction de leurs aires insulaires en Europe centrale, il peut exister des différences essentielles entre les populations éloignées. Plusieurs auteurs insistent sur les différences entre l'arole de Sibérie et celui de l'Europe centrale; pourtant comme ils ont appliqué des méthodes subjectives pour discerner les caractères quantitatifs, leurs données se contredisent.

L'auteur a pris pour objet d'études les graines de l'arole et a appliqué la méthode objective et quantitative.

#### Les résultats des recherches.

Les graines de l'arole de la Sibérie Orientale ont des traits identiques à celles provenant des Monts Saïan (cet arrole est différencié par certains auteurs, comme *Pinus coronans*).

Les graines provenant des Tatra diffèrent des deux populations sibériennes dans toutes les trois dimensions (longueur, largeur et épaisseur). Les graines des Carpathes Orientales occupent une place intermédiaire. Elles sont plus courtes que celles des Tatra, plus larges et plus épaisses que celles provenant de Sibérie. Le poids des graines révèle une corrélation totale avec la longueur.

Nous pouvons donc rapporter à ce trait avec une grande probabilité les résultats de la comparaison statistique, concernant la longueur des graines.

### Bibliographie.

- 1) Czeczot H.: Studium nad zmiennością liści buków: *F. orientalis* Lipsky, *F. silvatica* L. i form przejściowych. Część I, Lwów 1933; Cz. II, Lwów 1936. — 2) Czekanowski J.: Zarys metod statystycznych w zastosowaniu do antropologii. Prace Tow. Nauk. Warsz. Warszawa 1913. — 3) Johansen W.: Elemente der exacten Erblichkeitslehre mit Grundzügen der biologischen Variationsstatistik. 3 Aufl. (1926) Jena. — 4) Koźmiński Z.: Badania morfometryczne i ekologiczne nad oczlikami (*Cyclopidae* z grupy *Stremmus*). Suwałki 1933. — 5) Lipiński A.: Elementarne metody biometryczne w zastosowaniu do hodowli i doświadczalnictwa. Lwów 1928. — 6) Łomnicki Ant.: Zagadnienia statystyki matematycznej. Kosmos, 1928. — 7) Sokołowski St.: Prace biometryczne nad rasami sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*) na ziemiach polskich. Kraków 1931. — 8) Wiśniewski T.: Studia biometryczne nad zmiennością buka (*Fagus silvatica*) w Polsce. Sylwan 1932. — 9) Jule Udny: Wstęp do teorii statystyki. Warszawa 1921.

*Studia systematyczne nad polskimi warzuchami (Cochlearia L.) z uwzględnieniem innych spokrewnionych z nimi gatunków europejskich. — Systematische Studien über polnische Eßlöffel (Cochlearia L.) unter Berücksichtigung der verwandten europäischen Arten.*

Mémoire

de M. E. FRÖHLICH,

présenté le 14 juin 1937, par M. Wł. Szafer m. t.

Die Formen der Gattung *Cochlearia* treten in Polen in der Tatra und an zwei Stellen außerhalb der Karpathen auf. Die Tatra-Pflanze, zuerst von G. Wahlenberg im Jahre 1814 beschrieben, gilt in neuerer Zeit entweder als eine besondere endemische Art (V. Borbás 1895, polnische Floristen: 24, 34), oder als eine endemische Varietät (Jávorka 1925, S. Kulczyński in 6) oder Unterart (Braun-Blanquet 1928) oder aber wird sie mit der ostalpinen *C. excelsa* Zahlbr. identifiziert (Hayek 9, Jávorka in 27, 1932). Die in Polen außerhalb der Karpathen gefundenen Eßlöffel wurden zuerst der *C. officinalis* L. zugezählt (A. Zalewski 1885); zur Zeit gelten sie als *C. pyrenaica* DC. (K. Piech 1915, W. Tymrakiewicz 1931). Bei Durchsicht des reichhaltigen, für die »Plantae Poloniae exsiccatae« gesammelten Materials, drängten sich jedoch ernste Zweifel hierüber auf, ob der Eßlöffel aus der »Pustynia Błędowska« bei Olkusz mit der typischen *C. pyrenaica* DC. aus Mittel- und West-Europa tatsächlich identisch ist. Sowohl diese Zweifel als auch die bis jetzt noch nicht aufgeklärte Frage hinsichtlich der Stellung von *C. Tatrae* Borb. spornten mich an die vorliegende Arbeit aufzunehmen. Auf Grund des reichhaltigen Herbarmaterials führte ich eine möglichst genaue morphologische Analyse der polnischen Eßlöffel durch, die ich mit umfangreichen Materialien der Arten: *C. pyrenaica* DC., *C. excelsa* Zahlbr., *C. officinalis*

*nalis* L. und *C. arctica* Schl. aus mehreren Ländern Europas verglichen habe. Außerdem berücksichtigte ich, wenn auch nur flüchtig, die Arten: *C. anglica* L. und *C. danica* L. Meine Abhandlung umfaßt demnach alle nord- und mitteleuropäischen Arten der Gruppe *Eucochlearia* Prantl. Im Ganzen habe ich 1444 Herbarexemplare untersucht. Ein Verzeichnis der Institutionen, von denen ich Herbarmaterialien ausgeliehen bekam, befindet sich im polnischen Texte der Arbeit. Den Leitern aller dieser Institute spreche ich hiemit meinen verbindlichsten Dank aus. An Hand meiner Untersuchungen bin ich zum Ergebnis gekommen, daß in Polen 3 Arten von *Cochlearia* unterschieden werden sollen; u. zw. kommt außer der echten *C. pyrenaica* DC. eine als neue Art aufzufassende Pflanze, die *C. polonica* Fröhl. vor. Auch *C. Tatrae* Borb. erweist sich als eine sowohl von *C. officinalis* L. und *C. pyrenaica* DC. als auch von *C. excelsa* Zahlbr. gut geschiedene Art.

#### Die systematischen Merkmale der untersuchten Arten.

In Beziehung auf ihre vegetativen Merkmale zeigen die untersuchten Arten keine nennenswerten Unterschiede. Es sind  $\pm$  5—50 cm (selten etwas darüber) hohe Pflanzen mit öfters zusammengehäuften  $\pm$  aufsteigenden Stengeln. Ihre Grundblätter sind stets langgestielt, oval, herzförmig, nierenförmig, dreieckig-eiförmig, dreieckig oder rhombisch, meist grob bogig gezähnt, selten ganzrandig. Die unteren Stengelblätter sind kurz gestielt, sonst den Grundblättern ähnlich. Die oberen Stengelblätter haben fast immer eine geöhrt, herz- oder pfeilförmige Basis. Ein gewisser Unterschied besteht nur in der Dicke der Blattspreiten und folglich in der kleineren oder größeren Sichtbarkeit der Nerven: bei Herbarexemplaren von *C. officinalis* L., *C. arctica* Schl., *C. pyrenaica* DC. (bei der letzteren, nur bei Tieflandexemplaren) sind die Nerven auf der Oberfläche der Laubblätter deutlich sichtbar, bei *C. Tatrae* Borb., *C. excelsa* Zahlbr. sowie bei *C. pyrenaica* DC. sind sie nicht oder fast gar nicht sichtbar. Auch die Gestalt des Blütenstandes weist keine Unterschiede auf, er ist gewöhnlich zur Blütezeit gedrängt, zur Fruchtzeit dehnt er sich mehr oder weniger aus. Dagegen treten deutliche Unterschiede in der Dicke der Fruchtstiele auf. Bei *C. Tatrae* Borb. sind sie am dicksten, bei *C. arctica* Schl. etwas dünner, bei der neu aufgestellten *C. polonica* Fröhl. sowie bei *C. danica* L. am dünnsten (Tabelle I).

TABELLE I.  
Fruchtstieldicke.

	Zahl der gemess. Fruchtstiele	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9 mm	
<i>Cochlearia anglica</i> L. . . . .	860				24·7	<b>68·5</b>	6·8			Prozente der Gesamtzahl der gemessenen Fruchtstiele jeder Art
<i>Cochlearia danica</i> L. . . . .	780	<b>58·3</b>	27·6	12·1	2·0					
<i>Cochlearia officinalis</i> L. . . . .	1087	27·9	<b>50·1</b>	16·5	5·5					
<i>Cochlearia polonica</i> Fröhl. lich . . . . .	1120	38·9	<b>51·5</b>	9·6						
<i>Cochlearia pyrenaica</i> DC. . . . .	1254	8·1	30·1	<b>32·5</b>	29·0	0·3				
<i>Cochlearia excelsa</i> Zahlbr. . . . .	180	18·5	<b>39·6</b>	26·7	9·2					
<i>Cochlearia Tatreae</i> Borb. . . . .	1028				18·2	<b>30·3</b>	23·1	19·5	8·9	
<i>Cochlearia arctica</i> Schl. . . . .	1008	1·0	12·2	24·6	<b>38·4</b>	11·0	9·2	3·6		

Die Petalen haben bei allen untersuchten Arten fast dieselbe Form. Sie sind oval, umgekehrt eiförmig, länglich-elliptisch oder länglich. Die Unterschiede sind in der Länge, der Breite sowie der Nervation der Petalen sichtbar. *C. polonica* Fröhl. und *C. anglica* L. besitzen die längsten und zugleich die breitesten Petalen, *C. danica* L. die kleinsten (S. Tabelle II und III).

Hinsichtlich der Nervation der Petalen unterscheide ich folgende zwei Haupttypen (vgl. Tabelle IV u. Fig. 1):

I. Die Seitennerven anastomosieren miteinander in den beiden Petalenhälften (also beiderseits der Hauptnerven). Bei *C. pyrenaica* DC. wird dabei in beiden Petalenhälften bei einer überwiegenden Mehrzahl von Petalen nur ein einziges von den Anastomosen gänzlich umschlossenes Feldchen (Areole) abgeschnitten; viel seltener tritt auf der einen Petalenhälfte eine einzige Areole auf, auf der anderen aber zwei; noch seltener ist nur auf einer Petalenhälfte eine Areole sichtbar, oder es fehlen dieselben gänzlich. Bei *C. polonica* Fröhl. werden von den Anastomosen beiderseits mehrere (wenigstens zwei) Areolen gebildet.



TABELLE III.  
Breite der Petalen.

	Zahl der gemessenen Petalen	0.5—0.7 mm	0.8—1.0 mm	1.1—1.3 mm	1.4—1.6 mm	1.7—1.9 mm	2.0—2.2 mm	2.3—2.5 mm	2.6—2.8 mm	2.9—3.1 mm	3.2—3.4 mm	3.5—3.7 mm	3.8—4.0 mm	Prozente der Gesamtzahl der gemessenen Petalen jeder Art
<i>C. anglica</i> L. . . . .	624					4.8	12.7	<b>39.2</b>	28.3	<b>10.4</b>	2.9	1.3	0.4	
<i>C. danica</i> L. . . . .	580	<b>10.3</b>	<b>37.8</b>	29.1	<b>13.6</b>	8.0	1.2							
<i>C. officinalis</i> L. . . . .	1060			1.3	<b>16.4</b>	19.6	21.5	<b>26.7</b>	8.3	5.2	1.0			
<i>C. polonica</i> Fröhlich . . . . .	1320							1.0	19.2	<b>43.3</b>	19.0	<b>16.1</b>	1.4	
<i>C. pyrenaica</i> DC. . . . .	1128	1.0	1.9	2.1	<b>25.2</b>	23.0	21.2	<b>20.0</b>	4.7	1.0				
<i>C. excelsa</i> Zahlbr. . . . .	788		9.9	19.8	<b>28.3</b>	20.7	<b>16.1</b>	5.2						
<i>C. Tatrae</i> Borb. . . . .	1860				11.6	24.0	<b>37.9</b>	<b>13.3</b>	9.1	1.1				
<i>C. arctica</i> Schl. . . . .	1036		4.7	<b>14.2</b>	<b>25.1</b>	13.0	<b>11.2</b>	6.2	0.5					

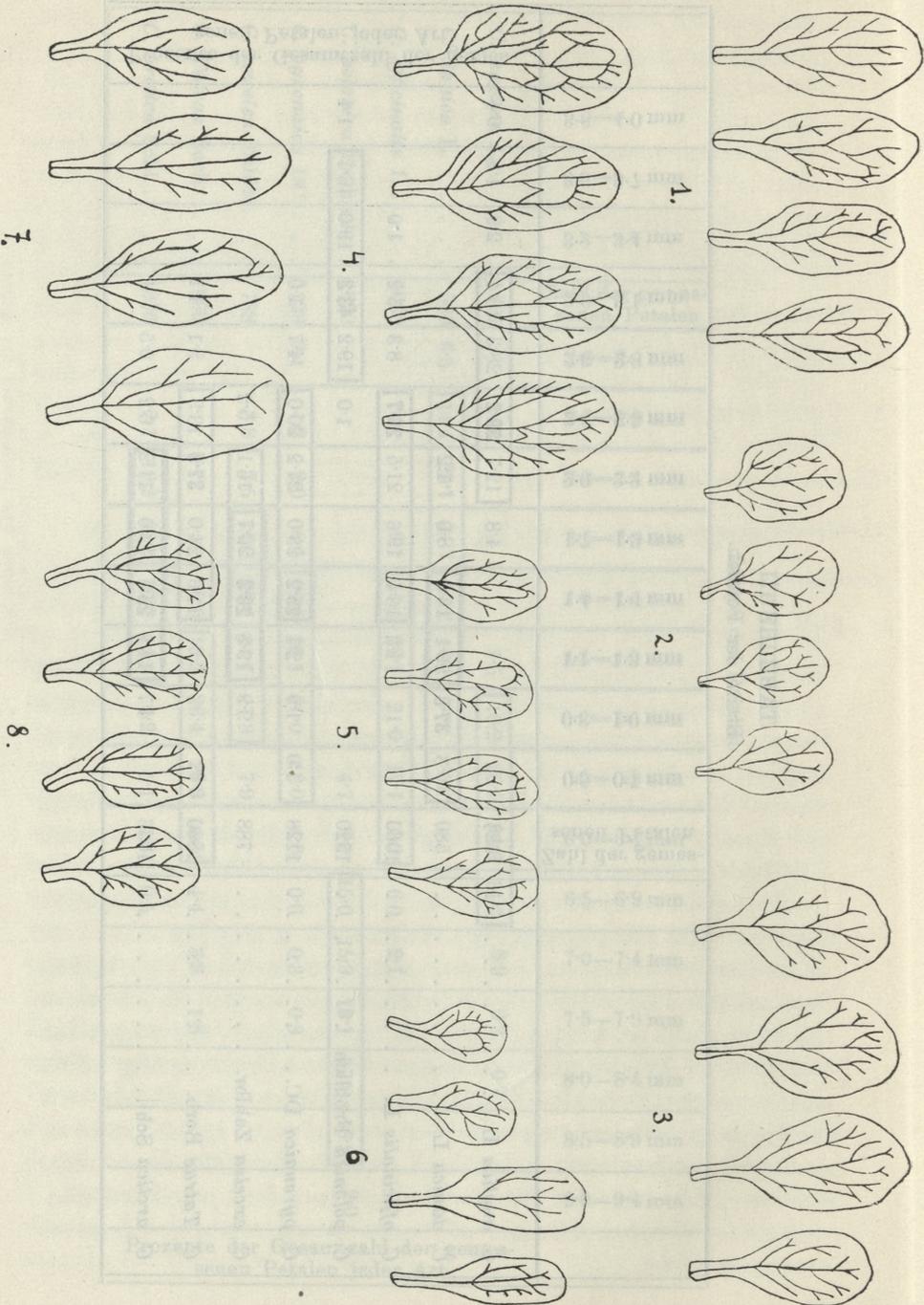


Fig. 1. Petalen von: 1. *C. anglica* L., 2. *C. danica* L., 3. *C. officinalis* L., 4. *C. polonica* Fröhlich, 5. *C. pyrenaica* DC.,  
 6. *C. excelsa* Zahlbr., 7. *C. Tatrae* Borb., 8. *C. arctica* Schl., Vergrößerungsverhältnis: 7:1.

II. Die Seitennerven bilden in der überwiegenden Mehrzahl der Petalen überhaupt keine Anastomosen; seltener wird in einer Petalenhälfte eine einzige Areole abgeschnitten; nur bei einem ganz geringen Prozentsatz der Petalen sind Anastomosen in beiden Petalenhälften sichtbar. Zu diesem Typus gehören: *C. Tatrae* Borb., *C. officinalis* L., *C. anglica* L. und *C. danica* L.

Eine Mittelstellung zwischen beiden oben erwähnten Typen nehmen *C. excelsa* Zahlbr. und *C. arctica* Schl. ein.

Die Farbe der Petalen ist bei allen untersuchten Arten rein weiß, nur *C. Tatrae* Borb. weist eine etwas gelblich-weiße Farbe auf, welche von H. Zapałowicz und St. Kulczyński als Butterfarbe bezeichnet wird.

TABELLE IV.  
Nervation der Petalen.

	Zahl der untersuchten Petalen	Anastomosen fehlen überhaupt	Eine einzige Anastomose nur in einer Petalenhälfte	Je eine Anastomose in jeder der beiden Hälften des Petalums	In einer Hälfte des Petalums eine, in der zweiten Hälfte zwei Anastomosen	In beiden Hälften zwei oder mehr Anastomosen	Prozente der Gesamtzahl der untersuchten Petalen jeder Art
<i>C. anglica</i> L. . . . .	624	<b>69·2</b>	18·8		12·0		
<i>C. danica</i> L. . . . .	580	<b>70·4</b>	20·9		8·7		
<i>C. officinalis</i> L. . . .	1060	<b>65·1</b>	25·9		9·0		
<i>C. polonica</i> Fröhlich .	1320					<b>100</b>	
<i>C. pyrenaica</i> DC. . . .	1128	3·5	9·7	<b>78·2</b>	5·3	3·3	
<i>C. excelsa</i> Zahlbr. . .	788	32·3	27·4	<b>40·3</b>			
<i>C. Tatrae</i> Borb. . . .	1860	<b>66·9</b>	24·8		8·3		
<i>C. arctica</i> Schl. . . .	1036	<b>38·6</b>	34·4	27·0			

Die Fruchtform bildet eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der untersuchten Arten. Die extremen Typen stellen in dieser Beziehung dar: *C. officinalis* L. mit kugelförmigen oder kugelförmig-elliptischen Schötchen und *C. arctica* Schl. mit schmal-elliptischen Schötchen. Aber auch die übrigen Arten unterscheiden sich hierin recht gut; so hat z. B. *C. excelsa* Zahlbr. elliptische,

TABELLE V.  
Länge des Griffels.

	Zahl der Messungen	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8	0-9	1-0	1-1 mm	Prozente der Gesamtzahl der gemessenen Griffel jeder Art
<i>C. anglica</i> L. . . . .	860					8-7	<b>46-1</b>	28-0	<b>12-6</b>	3-3	1-3	
<i>C. danica</i> L. . . . .	780		14-3	26-2	<b>33-8</b>	19-4	6-3					
<i>C. officinalis</i> L. . . . .	1087		12-4	<b>45-2</b>	36-8	5-6						
<i>C. polonica</i> Fröhlich . . . . .	1120				13-7	16-3	18-6	<b>31-1</b>	15-2	3-1	2-0	
<i>C. pyrenaica</i> DC. . . . .	1254	<b>48-6</b>	31-2	17-1	3-1							
<i>C. excelsa</i> Zahlbr. . . . .	180	<b>53-4</b>	26-5	16-1	4-0							
<i>C. Tatrae</i> Borb. . . . .	1028			22-6	<b>46-4</b>	23-7	7-3					
<i>C. arctica</i> Schl. . . . .	1008	13-2	26-0	<b>38-4</b>	21-0	1-4						

*C. pyrenaica* DC. elliptische oder ovaelliptische, *C. Tatrae* Borb. elliptisch-deltoidische, *C. anglica* L. ovaelliptische, *C. danica* L. kugelförmige Schötchen.

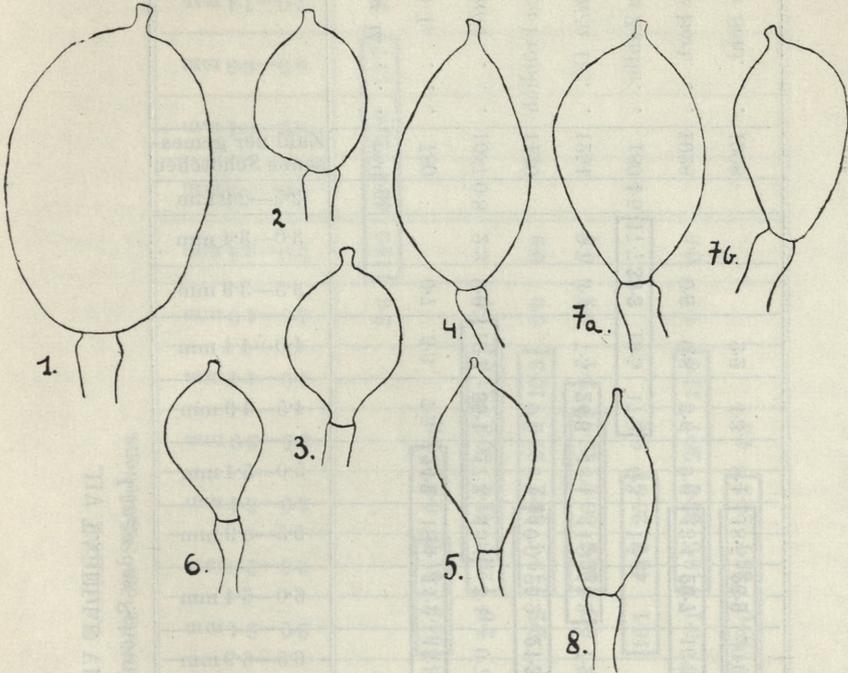


Fig. 2. Schötchenkonturen von: 1. *Cochlearia anglica* L., 2. *C. danica* L., 3. *C. officinalis* L., 4. *C. polonica* Fröhlich, 5. *C. pyrenaica* DC., 6. *C. excelsa* Zahlbr., 7. *C. Tatrae* Borb., 8. *C. arctica* Schl., Vergrößerungsverhältnis: 8:1.

Eine Zusammenstellung der Schötchen-Länge und -Breite der untersuchten Arten ist auf Tabelle VI und VII vorhanden. Wie daraus ersichtlich, weicht *C. anglica* L. von allen anderen Arten durch die Größe, besonders aber die Breite ihrer Schötchen bedeutend ab.

Die Länge des Griffels zeigt einige wichtige systematische Unterschiede. Die längsten Griffel besitzt *C. polonica* Fröhl. und *C. anglica* L., die kürzesten *C. pyrenaica* DC. und *C. excelsa* Zahlbr. (S. Tabelle V).

Die Form des Samens ist bei allen untersuchten Arten kugelförmig, eiförmig, kugelförmig-elliptisch oder umgekehrt-

	Zahl der gemessenen Schötchen	
	Länge des Schötchens.	
<i>C. anglica</i> L. . . . .	860	
<i>C. danica</i> L. . . . .	780	
<i>C. officinalis</i> . . . . .	1087	0·8
<i>C. polonica</i> Fröhlich	1120	
<i>C. pyrenaica</i> DC. . . . .	1254	
<i>C. excelsa</i> Zahlbr. . . . .	180	4·5
<i>C. Tatrae</i> Borh. . . . .	1028	
<i>C. arctica</i> Schl. . . . .	1008	
		2·5—2·9 mm
		3·0—3·4 mm
		3·5—3·9 mm
		4·0—4·4 mm
		4·5—4·9 mm
		5·0—5·4 mm
		5·5—5·9 mm
		6·0—6·4 mm
		6·5—6·9 mm
		7·0—7·4 mm
		7·5—7·9 mm
		8·0—8·4 mm
		8·5—8·9 mm
		9·0—9·4 mm
		9·5—9·9 mm
		10·0—10·4 mm
		10·5—10·9 mm
		11·0—11·4 mm
		11·5—11·9 mm
		12·0—12·4 mm
		12·5—12·9 mm
		13·0—13·4 mm
Prozente der Gesamtzahl der gemessenen Schötchen jeder Art		

TABELLE VI  
Länge des Schötchens.

TABELLE VII.  
Breite des Schötchens.

Zahl der Messungen	Breite des Schötchens										Prozente der Gesamtzahl der gemessenen Schötchen jeder Art		
	1.0—1.4 mm	1.5—1.9 mm	2.0—2.4 mm	2.5—2.9 mm	3.0—3.4 mm	3.5—3.9 mm	4.0—4.4 mm	4.5—4.9 mm	5.0—5.4 mm	5.5—5.9 mm		6.0—6.4 mm	6.5—6.9 mm
<i>C. anglica</i> L. . . . .		4.2	34.3	51.7	6.6	3.2		2.6	18.5	40.4	23.0	13.7	1.8
<i>C. danica</i> L. . . . .	860		2.6	23.0	41.4	20.3	11.0	1.7					
<i>C. officinalis</i> L. . . . .	780		2.2	19.4	38.2	27.0	10.3	2.0	0.9				
<i>C. polonica</i> Fröhlich . . . . .	1087		8.3	38.0	36.4	12.0	3.1	0.5	0.4				
<i>C. pyrenaica</i> DC. . . . .	1254	1.3	16.1	48.9	25.6	9.4							
<i>C. excelsa</i> Zahlbr. . . . .	180		5.1	18.5	36.0	26.7	11.6	1.1	0.5				
<i>C. Tatras</i> Borb. . . . .	1028	0.5	11.5	18.6	36.7	26.5	4.3						
<i>C. arctica</i> Schl. . . . .	1008	2.4											

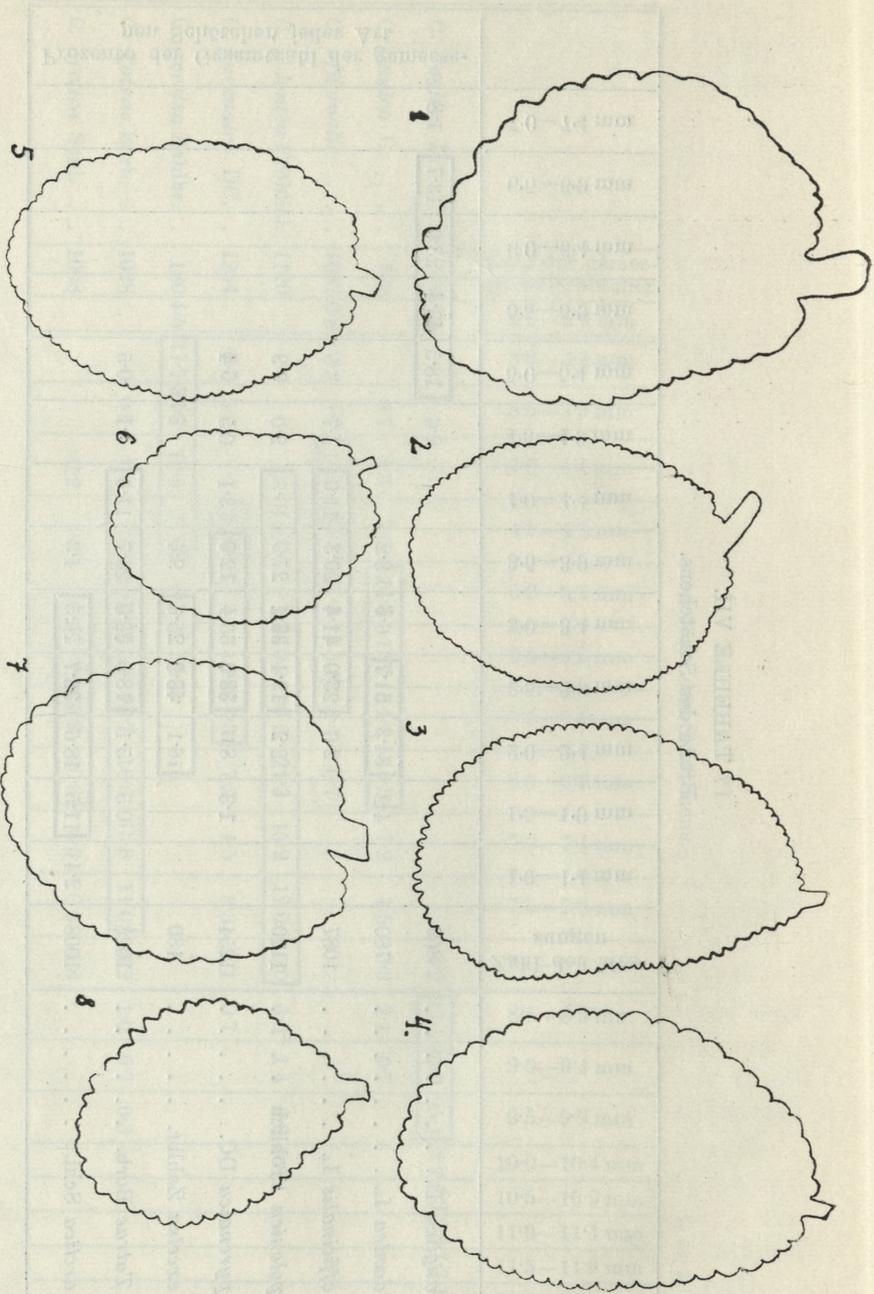


Fig. 3. Samenkonturen von: 1. *Cochlearia anglica* L., 2. *C. danica* L., 3. *C. officinalis* L., 4. *C. polonica* Fröhlich, 5. *C. pyrenaica* DC., 6. *C. excoelisa* Zahlbr., 7. *C. Turrae* Borb., 8. *C. arctica* Schl., Vergrößerungsverhältnis: 65:1.

eiförmig. Die Samenfarbe ist im allgemeinen bei allen gleich, d. h. gelbbraun.

In Beziehung auf die Samenzahl weicht *C. arctica* Schl. von anderen untersuchten Arten ab, da sie 6—12 Samen in jeder Fruchtkammer besitzt, während die entsprechende Zahl bei den übrigen Arten zwischen 2 und 6 schwankt (selten ist sie etwas höher).

Wichtige Merkmale bietet die Skulptur der Samen. Sie sind bei allen Arten mit kleinen Warzen dicht bedeckt, deren Form und Größe für jede Art charakteristisch ist. Am extremsten unterscheiden sich in dieser Beziehung *C. Tatrae* Borb. mit flachen, breiten Warzen und *C. officinalis* L. mit schmalen, hohen und dabei kleinen Warzen. Der *C. Tatrae* Borb. steht *C. excelsa* Zahlbr. am nächsten, welche jedoch etwas hervorstehendere Warzen hat. Noch konvexere Warzen treffen wir bei *C. pyrenaica* DC. an. Die Samenwarzen von *C. polonica* Fröhl. gleichen in der Form denjenigen von *C. pyrenaica* DC., sind aber viel stärker. *C. arctica* Schl. besitzt starke und dabei ziemlich locker nebeneinander stehende Warzen; *C. anglica* L. starke, große und stumpfe, *C. danica* L. kleine, ziemlich dicht nebeneinander stehende Warzen. Obwohl die oben erwähnten Unterschiede von Natur aus sehr fein sind und erst bei vielfacher Vergrößerung auftreten, sind sie dennoch so konstant, daß man an Hand derselben jede der oben erwähnten Arten sehr gut unterscheiden kann.

Tatsächliche Übergänge zwischen den von mir unterschiedenen Arten, d. h. solche Exemplare, welche in Beziehung auf die Gesamtheit ihrer Merkmale eine Mittelstellung einnehmen, habe ich in den von mir untersuchten Materialien nicht angetroffen. Man darf annehmen, daß es also ganz gute, obzwar sehr nahe verwandte Arten sind. Eine verhältnismäßig am meisten abgesonderte Stellung unter ihnen nimmt *C. arctica* Schl. wegen ihrer Schötchenform und Samenanzahl ein.

#### Schlüssel zur Bestimmung der Arten:

1. Schötchen breit elliptisch, groß (8·0—13·4 mm lang und 5·0—7·4 mm breit), an beiden Enden etwas abgeflacht, zur Reifezeit sehr stark aufgeblasen und mit einem dichten Adernetz bedeckt. Samen groß, mit starken und stumpfen Warzen. Blüten mit 6 Staubblättern

*Cochlearia anglica* L.

1\*. Schötchen elliptisch oder rundlich eiförmig, nicht besonders stark aufgeblasen, zur Reifezeit mit gut sichtbaren Adern. Öfter nur 4 Staubblätter. Die Form der unteren Stengelblätter erinnert an Efeublätter.  
*Cochlearia danica* L.

1\*\*. Schötchen schmal-elliptisch. 6 bis 12 Samen in jeder Kammer. Die Samenwarzen groß, ziemlich locker nebeneinander stehend,  $\pm$  so hoch als breit (oder etwas, bis um 1/3 niedriger). 6 Staubblätter.  
*Cochlearia arctica* Schl.

1\*\*\*. Schötchen rundlich, rundlich-eiförmig, elliptisch oder elliptisch-deltoidisch. In jeder Kammer 2—6 Samen, selten mehr. 6 Staubblätter.

2. Samen mit sehr stark hervorragenden Warzen, die mindestens so hoch als breit sind. Blüten weiß.

3. Schötchen rundlich oder rundlich-elliptisch, Samenwarzen dicht nebeneinander stehend,  $\pm$  1·5—2 mal so hoch als sie breit sind.  
*Cochlearia officinalis* L.

3\*. Schötchen elliptisch oder oval-elliptisch,  $\pm$  in der Mitte oder in 1/3 seiner Höhe am breitesten. Samenwarzen  $\pm$  so hoch als breit sind.

4. Schötchengriffel klein, 0·2—0·4 (0·5) mm lang. Fruchtsiele im Durchmesser 0·2—0·4 (0·5) mm. Durch die anastomosierenden Seitennerven wird in jeder Petalenhälfte meistens je eine Areole umgrenzt.  
*Cochlearia pyrenaica* DC.

4\*. Schötchengriffel 0·5—0·9 (1·1) mm lang. Fruchtsiele dünn 0·2—0·3 (0·4) mm im Durchmesser. Die Petalen mit stark verzweigtem Anastomosenetz, welches in jeder Petalenhälfte immer mehr als 1 unregelmäßige Areole abgrenzt.  
*Cochlearia polonica* Fröhlich.

2\*. Samenwarzen schwach hervorragend, sichtlich breiter als hoch.

3. Schötchen elliptisch oder breit eiförmig. Samenwarzen  $\pm$  2 mal breiter als hoch. Blüten rein weiß. Fruchtsiel dünn, (0·2) 0·3—0·5 (0·6) mm im Durchmesser.  
*Cochlearia excelsa* Zahlbr.

- 3\*. Schötchen elliptisch-deltoidisch,  $\pm$  in der Mitte oder in  $\frac{2}{3}$  seiner Höhe am breitesten. Samenwarzen  $\pm$  3—4 mal breiter als hoch. Blüten gelblich-weiß (butterfarbig). Fruchtsiele dicklich 0·5—0·8 (0·9) mm im Durchmesser

*Cochlearia Tatrae* Borb.

Genauere Diagnosen der oben aufgezählten Arten, sowie die Aufzählung der Fundorte, von denen mir Herbarbelege vorlagen, findet man im polnischen Texte. Hier füge ich nur die lateinische Diagnose der neuen Art, *C. polonica* m. bei:

***Cochlearia polonica*** Fröhlich (in »Rośliny Polskie« — Plantae Poloniae exs. Ser. II. Cent. III. Nr 228, 1936 cum diagn. latina; *C. officinalis* A. Zalewski 1886?; *C. officinalis* ssp. *pyrenaica* K. Piech, Acta Soc. Bot. Polon. II. 1924; *C. pyrenaica* var. *eupyrenaica* S. Kulczyński in »Flora Polska« III. 1927; *C. pyrenaica* ssp. *polonica* Fröhlich: Ref. wygl. na Zj. Pol. Tow. Bot. w Krakowie 1935).

Planta plerumque perennis, 15—50 cm alta. *Folia basalia* longe petiolata, reniformia, ovalia vel triangulari-ovalia, tenuia, nervis in sicco manifestis. — *Pedunculi* tenues, 0·2—0·3 (0·4) mm diam. — *Petala* candida, obovalia vel oblongo-elliptica (5·5) 6·5—8·9 (9·4)  $\times$  (2·3) 2·6—3·7 (4·0) mm. *Nervi laterales* anastomosantes in utroque nervi principalis latere semper duo vel plures areolas irregulares formant. — *Silicula* elliptica vel ovali elliptica, in  $\pm \frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  altitudinis latissima, (4·5) 5·5—8·4 (10·4) mm longa et (0·2) 2·5—4·4 (5·5) mm lata, *stylo* 0·5—0·9 (1·1) mm longo coronata. — *Semina* crasse verrucosa, verrucis sat magnis,  $\pm$  aequae altis ac basi latis vel paulo tantum humilioribus tecta. Fl.: IV—VI. — Palatinatus Kielce, distr. Olkusz, ad fontes flum. Biała ad marginem merid.-orientalem arenarum »Pustynia Błędowska« dictarum (a K. Piech a. 1913 detecta, a. 1924 publicata).

*C. polonica* Fröhl. unterscheidet sich von *C. pyrenaica* DC. und *C. officinalis* L., mit welchen sie am nächsten verwandt ist, durch folgende Merkmale:

	<i>C. polonica</i> Fröhlich	<i>C. pyrenaica</i> DC.	<i>C. officinalis</i> L.
1. Durchmesser der Fruchtsiele:	0·2—0·3 (0·4) mm	(0·2)0·3—0·5 (0·6)mm	0·3—0·5 (0·6) mm
2. Länge der Petalen:	(5·5)6·5—8·9 (9·4)mm	(2·0)4·0—5·9 (7·9)mm	(3·5)4·0—6·4 (7·4)mm
3. Breite der Petalen:	(2·3)2·6—3·7 (4·0)mm	(0·5)1·4—2·5 (3·1)mm	(1·1)1·4—2·8 (3·4)mm
4. Nervation der Petalen:	Die Anastomosen bilden in jeder Petalenhälfte wenigstens zwei Areolen.	Die Anastomosen bilden in jeder Petalenhälfte nur je eine Areole, nur selten werden in einer Petalenhälfte zwei oder mehr Areolen abgegrenzt.	Die Anastomosen fehlen überhaupt, selten schneiden sie in einer Petalenhälfte eine einzige Areole ab; sehr selten tritt je eine Areole in beiden Petalenhälften auf.
5. Länge des Schötchengriffels:	0·5—0·9 (1·1) mm	0·2—0·4 (0·5) mm	0·3—0·5 (0·6) mm
6. Skulptur der Samen:	Samenwarzen groß, ebenso hoch als breit oder nur etwas niedriger.	Samenwarzen bedeutend kleiner und dünner, in der Form aber denen von <i>C. polonica</i> ähnlich.	Samenwarzen klein, dicht nebeneinander stehend $\pm$ 1·5—2 mal höher als breit.

Ob A. Zalewski (33) in Stary Olkusz diese Art oder aber nur die verschleppte *C. officinalis* L. gefunden hatte, kann ich nicht sagen, da ich seine Exemplare nicht sah. *C. officinalis* L. wurde in Polen sonst in der weiteren Umgebung von Leżajsk beobachtet (M. Nowiński, 19). Aus Danzig wurde sie von J. Bromeit (1) angegeben.

Die echte, mit west- und mitteleuropäischen Exemplaren vollkommen übereinstimmende *C. pyrenaica* DC. kommt in Polen wildwachsend bei Werchobuż im Quellengebiet des Bug (Bez. Złoczów) vor (W. Tymrakiewicz, 29).

*Cochlearia Tatrae* Borb. ist bis jetzt nur aus der Tatra bekannt, wo sie bis 2435 m emporsteigt (B. Pawłowski, 20) und ausnahmsweise bis 740 m herabsteigt (S. Jávorka in herbar.), ihre Hauptverbreitung aber in der alpinen Stufe findet.

Aus dem Botanischen Institut der Jagellonischen Universität in Kraków.

## Literaturverzeichnis.

- 1) Abromeit I.: Flora von Ost und Westpreussen Berlin 1898 p. 74. —
- 2) Arcangeli G.: Compendio della flora italiana. Torino-Roma 1894, edit. II. p. 277. —
- 3) Bérdauf F.: Flora Tatr, Pienin i Beskidu Zachodniego. Warszawa 1890 p. 54. —
- 4) Braun-Blanquet J.: Zentralalpen u. Tatra eine pflanzensoziologische Parallele. Sonderabdruck aus: Rübél Ergebnisse der Internationalen Pflanzegeographischen Exkursion durch die Tschechoslovakei und Polen. 1928 Zürich 6. p. 7 u. folg. —
- 5) Domin K.: *Cochlearia officinalis* L., nová rostlina Bielských Tater. Věda Přírodní, Praha 1925. VI, 9. p. 216. —
- 6) Flora Polska, III, Kraków 1927, p. 110. —
- 7) Focke W. O.: Zur Kenntnis der nordeuropäischen Arten von *Cochlearia*. Bremen 1916. —
- 8) Györfy I.: Fragmenta phytochorologica montium Tatraënsium. Magyar Botanikai Lapok XXIV. (1925) Budapest 1926 p. 25. —
- 9) Hayek A.: Die Pflanzendecke Österreich-Ungarns I. Leipzig u. Wien 1916, p. 348, 392, 397, 398, 400. Tab. XXXII. —
- 10) Hayek A.: Flora von Steiermark I. Berlin 1908—1911 p. 544 u. folg. —
- 11) Hayek A.: Sched. fl. stir. exsic. 9/10 Lief., p. 13, Nr 432. —
- 12) Hegi G.: Illustrierte Flora von Mittel-Europa IV/1. München p. 134 u. folg. —
- 13) Jávorka S.: Magyar Flora (Flora Hungarica). Budapest 1925, p. 407. —
- 14) Knapp J. A.: Die bisher bekannten Pflanzen Galiziens und der Bukovina. Wien 1872, p. 313. —
- 15) Kotula B.: Rozmieszczenie roślin naczyniowych w Tatrach. Kraków 1889—1890, p. 55, 105, 256. —
- 16) Kryłow P.: Flora zapadnoj Sibiri VI. Tomsk 1931, p. 1274. —
- 17) Lindman C. A. M.: Svensk Fanerogamenflora. Stockholm 1918, p. 279. —
- 18) Magyar Botanikai Lapok I, Budapest 1902, p. 319: *Cochlearia Tatrae* Borbás in Pallas Lexikon X (1895), p. 28. —
- 19) Nowiński M.: Stosunki geobotaniczne południowo wschodniego krańca puszczy Sandomierskiej. Rozpr. Wydz. matem.-przyr. P.A.U. LXVII ser. A/B Kraków 1927. —
- 20) Pawłowski B.: Maksima wysokościowe kilkudziesięciu roślin tatrzańskich. Spraw. Kom. Fizjogr. Pol. Akad. Umiej. LXV, p. 155, 1931. —
- 21) Pawłowski B., Sokołowski M. i Wallisch K.: Zespoły roślin w Tatrach VII. Zespoły roślinne i flora doliny Morskiego Oka. Rozpr. Wydz. matem.-przyr. Pol. Akad. Umiej. LXVII ser. A/B Kraków 1928, p. 195. —
- 22) Pax F.: Pflanzengeographie von Polen (Kongress-Polen). Berlin 1918, p. 127. —
- 23) Piech K.: *Doronicum austriacum* Jacq. i *Cochlearia officinalis* L. w okolicy Olkusza. Acta Soc. Bot. Pol. Vol. II. 1924—25. Warszawa, p. 216—221. —
- 24) Rośliny Polskie, Szafer Wł., Kulczyński St. i Pawłowski B., Lwów-Warszawa 1924, p. 289. —
- 25) Rouy G. et Foucaud J.: Flore de France II. 1895, p. 200 u. folg. —
- 26) Sagorski E. und Schneider G.: Flora der Centralkarpathen. Leipzig 1891, p. 66. —
- 27) Schedæ ad floram hungaricam exsiccata. Centuria X. Budapest 1932. —
- 28) Schinz H., Keller R. u. Thellung A.: Flora der Schweiz. Zürich p. 289, 1923 (4. Aufl.). —
- 29) Tymrakiewicz W.: Reliktove stanowisko warzuchy pirenejskiej (*Cochlearia pyrenaica* DC. var. *eupyrænica* Thellung) u źródłisk Bugu. Kosmos III—IV. 1930 ser. A. Lwów 1931, p. 732—733. —
- 30) Wahlenberg G.: Flora Carpathorum Principium. Goettingiae 1814, p. 197. —
- 31) Willkom M. et Lange J.: Prodromus

florae hispanicae III. Stuttgart 1880, p. 843. — **32)** Wóycicki Z.: Obrazy roślinności Królestwa Polskiego IV. Roślinność terenów galmanowych Olkusza i Bolesławia. Warszawa 1913. — **33)** Zalewski A.: Zapiski roślinnicze z Królestwa Polskiego i z Karpat. Sprawozd. Kom. Fizjogr. A. U. XX. Kraków 1886, p. 171, 189. — **34)** Zapałowicz H.: Conspectus Florae Galiciae criticae XXV. Rozpr. Akad. Um. 12 B. 1912, p. 213 i nast. — **35)** Rośliny Polskie — Plantae Poloniae exsiccatae, Ser. II. Cent. III. p. 10—11, Kraków 1936.

*O zjawiskach morfologicznych korzeni chemotropijnie podrażnionych. — On the Morphological Phenomena of Roots Chemotropically Excited.*

Mémoire

de M. B. NIKLEWSKI et M<sup>lle</sup> J. WOLNICKA,

présenté le 1 juillet 1937, par M. Wł. Szafer m. t.

The contemporary level of science makes the investigation of the phenomena of chemotropism inevitable. In this direction many investigators as Sammet<sup>1)</sup>, Newcombe and Rhodes<sup>2)</sup>, Lilienfeld<sup>3)</sup>, Cholodny<sup>4)</sup>, Porodko<sup>5)</sup>, and during the last years our collaborators: Duda<sup>6)</sup>, Kahlówna, Dydówna and Brodowska<sup>7)</sup> have been doing considerable work.

In general it is supposed that the positive chemotropical curvatures, — because only such are without any doubt possible to affirm, — may be explained like phenomena of phototropism. The excited side shows weaker growth than the opposite one. It is only incomprehensible why the humic substances, which excite the growth of roots, effect the positive curvature and weaken the growth of the excited side. It still remains obscure why the piece of agar-agar which accelerates the growth gives no chemotropical effect. Therefore the mechanism of chemotropical reaction is still inexplicable<sup>8)</sup>.

<sup>1)</sup> R. Sammet Jahrb. f. wiss. Bot. 41. 1905. 611.

<sup>2)</sup> Newcombe and Rhodes Bot. Gaz. 37. 1904. 23 (Porodko).

<sup>3)</sup> M. Lielienfeld Ber. d. d. Ges. 23. 1905. 91. Beih. z. Bot. Centrbl. 19. Abt. 1. 1905.

<sup>4)</sup> N. Cholodny Rep. Soc. of nat. sc. Kiev 20. 244. 1908 (Porodko).

<sup>5)</sup> Th. Porodko Jahrb. f. wiss. Bot. 49. 1911. 307; 64. 1925. 450.

<sup>6)</sup> B. Niklewski and J. Duda Biochem. Ztschr. 286. 1936. 110.

<sup>7)</sup> B. Niklewski, H. Brodowska, M. Dydówna and M. Kahlówna Biochem. Ztschr. 286, 1936, 120.

<sup>8)</sup> J. Kissler u. I. Beer Jahrb. f. wiss. Bot. 80. 1934. 301.

The phenomenon of chemotropism we propose to explain on the base of morphological and anatomical investigations. This work is a continuation of the publication of our laboratory [6] and 7].

### 1. Macroscopical observations

The chemotropical investigations on seeds of the mustard plant, *Sinapis alba*, by means of a water extract of stable manure, phosphate (the solution of a mixture of  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  and  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$

1/15 mol. with Ph 7.17), methylviolet 0.01%, were carried on according to the method of our laboratory. The manure extract was prepared by rinsing four times the stable manure, and after that by obtaining a fifth extract, clear, weak yellow without any smell. This extract was diluted by water in ratio 1:1.1000 ccm of this solution contained 0.95 mg of water soluble humic substances precipitated by 10% HCl.

The substances used in the chemotropical experiments were added to an agar-agar piece of 2—5 mm<sup>3</sup>. This piece was placed on the right side of the mustard root-tip. The plant was inserted on a glass slide in a vertical position, and it was protected against evaporation. Under the influence of chemotropical excitement the root-tip curved in direction of the agar-agar piece. The optimal temperature was 28° C. The curvature was measured by angle-meter. This method was described in detail by Niklewski and Duda<sup>6)</sup>.

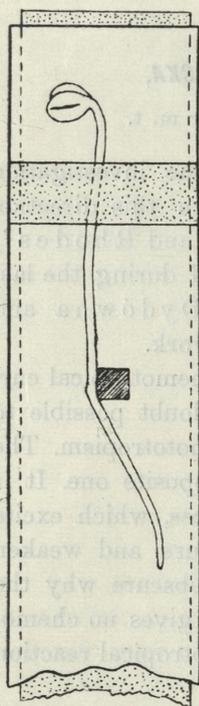


Fig. 1. Root chemotropically excited after 24 hours.

All investigation were carried on in series of 10 plants. The chemotropical curvatures caused by 28° C appeared after 45 minutes, but in some investigations with methylviolet the curvatures commenced after 30 minutes.

When the agar-agar piece with exciting substance was placed on the same root tip, the curvature appeared just at the side of

the piece. The curvature on the concave side was weaker than on the convex one.

Using the methylviolet or humic substances formed an angle in the curvature, and phosphate formed the curvatures in two points and the root clinged to the agar-agar piece. Very often an incrassation on the convex side was formed.

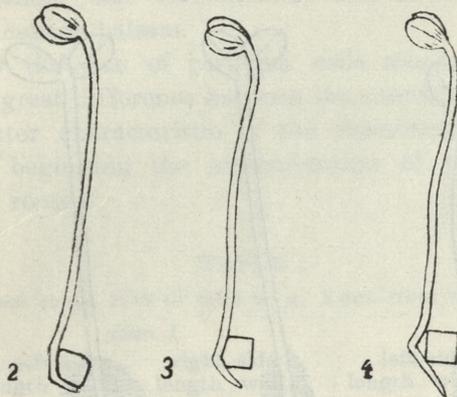


Fig. 2. Root chemotropically excited by phosphate after  $1\frac{1}{2}$  hour.  
Fig. 3. Root chemotropically excited by humus after  $1\frac{1}{2}$  hour.  
Fig. 4. Root chemotropically excited by methylviolet after  $1\frac{1}{2}$  hour.

The curvature slowly follows the zone of growth, to the under side of the agar-agar piece. When the piece with exciting substance is placed 3 mm from the root tip, the curvature is weaker. When the piece is placed 5—6 mm from the root tip then the curvature is 2.5 mm below it. This experiment shows that the place of perception may be separated from the place of reaction. When the piece was 10 mm from the root tip no reaction occurred.

The temperature of  $28^{\circ}\text{C}$  was optimal for the chemotropical reaction. By the temperature of  $18^{\circ}\text{C}$  the reaction was retarded but the growth was good.

The angle of curvature depended from contact surface between the agar-agar piece and the root.

In the next experiments, the roots were excited during a short time and the after-effect was observed. When the root was excited during 1 hour by the humic substance then the beginning curvature completely disappeared after 21 hours. When the roots

were excited by phosphate during 2 hours the angle of curvature was  $31^{\circ}$  and after 21 hours was reduced to  $14^{\circ}$ . Using methylviolet the angle of curvature was after 45 minutes  $16^{\circ}$  and after 21 hours increased to  $32^{\circ}$ . In a second experiment, after 2 hours the curvature was  $42^{\circ}$  and after removal of the agar-agar piece the curvature during 21 hours increased to  $78^{\circ}$ . The methylviolet provokes the after-effect, contrary to phosphates and humic substances.

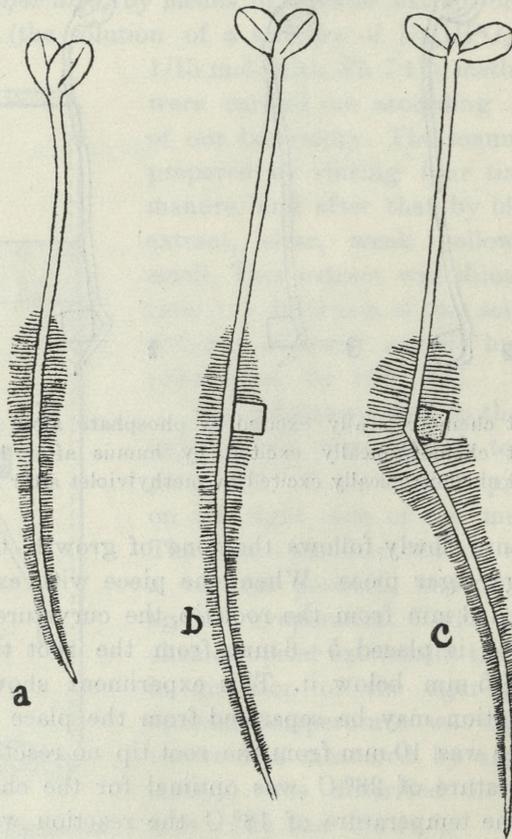


Fig. 5. Formation of root hairs. 1) without any addition. — 2) addition of paraffin. — 3) addition of exciting substance.

Using the phosphates, methylviolet, and humus the formation of root-hairs was more plentiful on both sides, the root-hairs were longer than generally. When the pieces of agar-agar or paraffin were without any addition the root-hairs were normal.

## 2. Microscopical observations

The plants were excited during 1/2 to 2 hours, then fixed and stained. The root tips, about 5 mm long, were fixed in the solution of Flemming and Benda. Afterwards the roots were placed in paraffin and cut along their length in pieces 5–6  $\mu$  thick. The slides were stained in hematoxyline (according to method of Delafield and Heidenhain), and in eosine, and were examined in canada-balsam.

Especially the size of periblem cells was inspected, because they showed great difference between the convex and concave side.

For a better characteristic of the chemotropical reaction we give at the beginning the measurements of periblem cells of unstimulated roots.

TABLE I.

Unexcited roots. Size of cells in  $\mu$ , 1 mm from the root tip.

layer of cells	plant I				plant II			
	left side		right side		left side		right side	
	length	width	length	width	length	width	length	width
I.	38.6	24.1	47.6	24.8	58.6	24.1	60.0	24.1
II.	31.0	"	31.7	"	23.5	"	21.4	"
III.	26.2	"	24.1	"	22.1	"	21.4	"
IV.	21.4	"	21.4	"	21.4	"	20.0	"
V.	22.8	"	22.1	"	17.9	"	18.6	"
VI.	18.6	"	18.6	"	15.2	"	15.9	"

layer of cells	plant III			
	left side		right side	
	length	width	length	width
I.	32.4	23.5	33.8	23.5
II.	22.1	"	24.1	"
III.	17.3	"	19.3	"
IV.	15.1	"	15.9	"
V.	13.1	"	13.8	"
VI.	11.7	"	13.4	"

The width of cells shows small deviations. We suppose the length of cells on the left side equal to 100 and the length of the cells on the right side we give in Tab. II. The first exterior layer is very changeable and irregular, therefore we do not take it into calculation.

TABLE II

Length of right side cells, supposing the length of left side cells equals to 100.

layer of cells	plant I	plant II	plant III
II.	102.2	91.0	109.0
III.	91.9	96.8	111.5
IV.	100.0	93.4	105.2
V.	96.9	103.9	105.3
VI.	100.0	104.6	105.9
average	98.2	98.0	107.4

TABLE III

Size of cells in  $\mu$  of roots excited by humic substances during 1/2 an hour.

layer of cells	plant I		excited		plant II		excited	
	unexcited length	width	length	width	unexcited length	width	length	width
I.	55.9	29.0	63.5	25.5	26.9	25.5	13.8	24.8
II.	41.4	"	37.3	"	21.4	"	21.4	"
III.	39.3	"	31.7	"	19.3	"	16.6	"
IV.	22.1	"	23.5	"	14.5	"	12.4	"
V.	19.3	"	15.2	"	18.6	"	8.3	"
VI.	23.5	"	16.6	"	10.4	"	7.6	"

plant III

layer of cells	unexcited length	width	excited length	width
I.	78.7	27.6	51.7	23.5
II.	37.9	"	29.7	"
III.	23.5	"	23.5	"
IV.	22.1	"	19.3	"
V.	29.0	"	14.5	"
VI.	20.7	"	13.1	"

TABLE IV

Length of excited side cells, supposing the length of unexcited side cells equals to 100.

layer of cells	plant I	plant II	plant III
II.	90.0	100.0	78.4
III.	80.7	86.0	100.0
IV.	106.3	85.5	87.3
V.	78.7	44.7	50.0
VI.	70.6	73.1	63.3
average	85.3	77.9	75.8

Tab. IV shows that the exterior layers (II, III and IV) indicate small difference in cell length, but endodermis layer V, and pericycle layer VI show great effects of excitement.

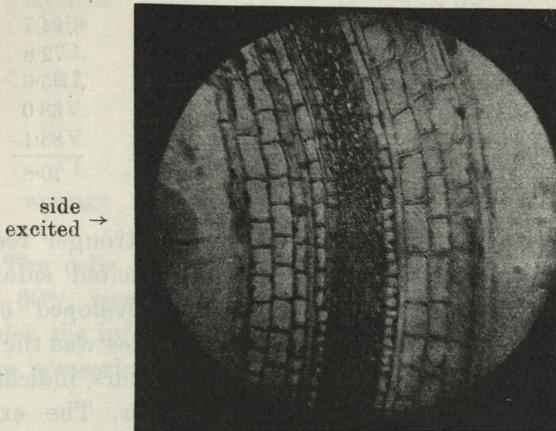


Fig. 6. Root chemotropically excited by humus during 1 hour, 0.9 mm from root tip (enlargement 1:105).

TABLE V.

Size of cells in  $\mu$  of root excited by humic substance during 1 hour.

layer of cells	plant I				plant II			
	unexcited length	unexcited width	excited length	excited width	unexcited length	unexcited width	excited length	excited width
I.	81.4	26.2	77.3	24.1	22.8	26.2	11.0	26.2
II.	87.6	"	73.8	"	11.7	"	8.9	"
III.	73.8	"	55.2	"	26.2	"	8.9	"
IV.	59.3	"	50.4	"	8.3	"	6.2	"
V.	51.7	"	35.9	"	9.6	"	6.9	"
VI.	39.3	"	31.7	"	7.6	"	7.6	"

plant III

layer of cells	unexcited		excited	
	length	width	length	width
I.	172.5	24.0	129.7	24.0
II.	44.8	"	29.0	"
III.	35.9	"	26.2	"
IV.	28.3	"	18.6	"
V.	17.2	"	11.7	"
VI.	12.4	"	10.3	"

TABLE VI

Length of excited side cells, supposing the length of unexcited side cells equals to 100.

layer of cells	plant I	plant II	plant III
II.	84.2	76.0	64.7
III.	74.7	33.9	72.8
IV.	84.9	74.6	65.6
V.	69.4	71.8	68.0
VI.	80.8	100.0	83.1
average	78.8	71.3	70.8

The roots excited during 1 hour showed a stronger reaction. In almost all the layers the cells on the excited side were 20—30% shorter than the cells normally developed on the unexcited side, but the width of cells on both sides was the same.

The experiments during 90 minutes and 2 hours indicate the same difference as on the excitement of 1 hour. The exciting substance shows so long its influence on the root as it is near the zone capable to reaction.

TABLE VII

Size of root cells in  $\mu$  excited by phosphate during 90 minutes.

layer of cells	plant I		plant II		plant II		plant II	
	unexcited length	excited width						
I.	100.0	29.7	40.0	29.0	55.2	24.8	44.2	23.5
II.	40.0	"	35.2	"	26.2	"	22.1	"
III.	43.5	"	26.9	"	24.8	"	18.6	"
IV.	26.2	"	22.8	"	17.2	"	15.2	"
V.	23.5	"	15.2	"	21.4	"	14.5	"
VI.	22.1	"	17.2	"	15.2	"	11.0	"

plant III

layer of cells	unexcited		excited	
	length	width	length	width
I.	26.2	29.0	16.6	24.8
II.	24.8	"	17.9	"
III.	24.8	"	17.9	"
VI.	17.9	"	13.8	"
V.	21.4	"	13.8	"
VI.	16.6	"	11.0	"

TABLE VIII

Length of excited side cells, supposing the length of unexcited side cells equals to 100.

layer of cells	plant I	plant II	plant III
II.	81.2	84.3	72.1
III.	61.8	75.0	72.1
IV.	67.0	88.3	77.0
V.	64.6	67.7	64.4
VI.	77.8	72.3	66.2
average	74.5	77.5	70.4

The cells of all layers of the excited side were developed 22—30% weaker than the analogical cells of the unexcited side. Under the influence of longer excitement the differences of length were somewhat greater.

TABLE IX

Size of root cells in  $\mu$ , excited by methylviolet.

layer of cells	plant I excitement of 1 h.				plant II of 90 minutes			
	unexcited length	unexcited width	excited length	excited width	unexcited length	unexcited width	excited length	excited width
I.	140.8	29.7	76.6	25.5	73.8	24.8	33.1	21.4
II.	61.4	"	44.2	"	38.6	"	31.0	"
III.	49.7	"	44.8	"	35.2	"	22.1	"
IV.	60.0	"	40.0	"	29.0	"	21.4	"
V.	35.2	"	36.6	"	22.7	"	26.9	"
VI.	30.4	"	28.3	"	23.5	"	18.6	"
VII.	22.1	"	20.0	"	19.3	"	13.1	"

layer of cells	plant III of 90 minutes			
	unexcited length	unexcited width	excited length	excited width
I.	69.7	24.1	11.0	22.1
II.	40.0	"	32.3	"
III.	34.5	"	26.9	"
IV.	26.2	"	22.1	"
V.	25.5	"	15.9	"
VI.	—	—	—	—
VII.	—	—	—	—

TABLE X.

Length of excited side cells, supposing the length of unexcited side cells equals to 100.

layer of cells	plant I	plant II	plant III
II.	71.9	80.3	81.0
III.	90.1	62.7	77.8
IV.	66.6	73.7	74.3
V.	104.0	118.5	62.3
VI.	93.0	79.1	—
VII.	90.4	67.8	—
average	86.0	80.4	73.9

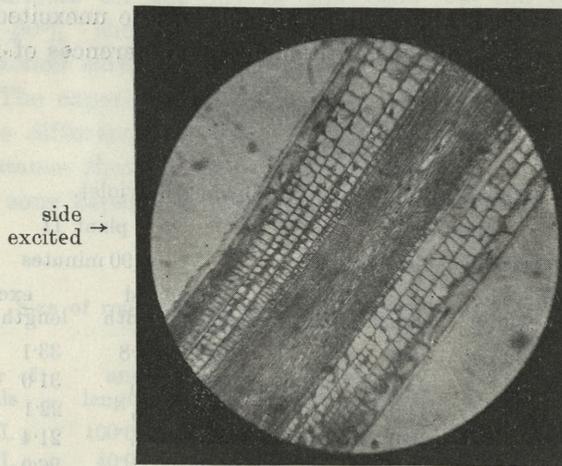


Fig. 7. Root chemotropically excited by methylviolet during 1½ hour, 1.5 mm from root tip (enlargement 1:105).

Under the influence of longer excitement, the differences of length were a little greater. In general, the excitement of methylviolet gave similar results as the humic substances and phosphates.

Similar results were obtained with eosine and mercuric chloride.

### 3. Discussion and summary of chemotropism

Experiments of Duda, Dydówna, Kahlówna and Brodowska showed that the chemotropical excitement of roots are the effect, not only of mineral salts, but also of some organic compounds and colloidal substances.

The phosphates, aluminium salts, mercuric chloride ( $\text{HgCl}_2$ ), and nitrate of uranyl ( $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ ) give a distinct reaction, but the sodium chloride, potassium nitrate, and ammonia salts had no effect, or a very weak one. Salts with distinct chemotropical reaction have also a precipitating ability. The similar distinct reaction is effected by substances with ability of sorption (methyl-violet and eosine), or by colloidal substances as humic compounds, colloidal silver, gold, ferric hydrate, cooper, sulphid of arsen etc.

We suppose that the growth substances are inactivated under the influence of compounds which give the chemotropical reaction. The inactivation of the growth substances is the effect of precipitation or sorption. The weak chemotropical reaction of sodium chloride, sodium nitrate, potassium sulphate, potassium nitrate, ammonium nitrate and calcium chloride is the effect of diminished permeability of cellplasma, which reduces the mobility of growth substances.

The protein substances and agar-agar give no chemotropical reaction, because these substances and also the protein of cellplasma can not reduce the diffusion ability and activity of growth substances.

Under the influence of growth substances, the cells increase their volume to their normal size. Our investigations showed that the chemotropical reaction effects the reduction of cell growth on the excited side. Therefore, we suppose that the substances which give the chemotropical reaction do inactivate the growth substances.

The after-effect of methylviolet indicates that these substances are introduced into the organism, and on the surface of cellplasma they form compound with growth substances. The phosphates do not show the after-effect because they are absorbed by cellplasma, and the humic substances are oxydated on the surface of cellplasma.

Long kept, that is old, gold colloidal solution gives no chemotropical reaction because the particles become too big to pass through the cell wall.

The acceleration of growth, effected by agar-agar, humic substances, or ferric hydrate has no relation with chemotropical reaction. These substances only accelerate the cell division.

From the Laboratory of Plant Physiology and Agricultural Chemistry of Poznań-University, Poland.



BULLETIN INTERNATIONAL  
DE L'ACADÉMIE POLONAISE DES SCIENCES  
ET DES LETTRES  
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES  
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES

DERNIERS MÉMOIRES PARUS.

N° 1—5 B I, 1937.

- Badian J.** Sur la cytologie des Levures (Planche 5).  
**Górski F.** Recherches sur l'utilisation des antipodes optiques de l'acide racémique par *Aspergillus Fumigatus* Fres.  
**Krzemieniewski H.** und **S.** Die zellulosezersetzenden Myxobakterien (Planches 2—4).  
**Krzemieniewski H.** und **S.** Über die Zersetzung der Zellulose durch Myxobakterien.  
**Lilpop J.** New plants from the Permocarboneous Rocks in Poland. I. (Planche 1).

N° 5—7 B II, 1937.

- Gallera J.** Sur le développement de l'ectoderme extra-neural chez les Oiseaux (Planche 12).  
**Grossfeld H.** Methode der Permeabilitätsbestimmung tierischer Gewebezellen.  
**Grossfeld H.** Osmotischer Druck und Vitalfärbung.  
**Juszczyk W.** Die Verteilung der Chromatophoren in der Haut eines normalen und flavistischen *Pelobates fuscus* Laur (Planche 13).  
**Marchlewski J.** Guinea-fowl (*Numida meleagris* L.) and Common Fowl (*Gallus domesticus* L.) Hybrids Obtained by Means of Artificial Insemination (Planche 8).  
**Markowski St.** Über die Entwicklungsgeschichte und Biologie des Nematoden *Contraeacum aduncum* (Rudolphi 1802) (Planches 14—15).  
**Rogoziński F.** Les caroténoïdes et la chlorophylle dans la digestion du ruminant.  
**Skowron S., Wiciński Z.** und **Zajaczek S.** Untersuchungen über den Einfluß von Mangel und Überschuß des Schilddrüsenhormons im mütterlichen Organismus auf die Schilddrüsen der Föten sowie über den Einfluß einer teilweisen Entfernung der Nebenschilddrüsen auf den Geburtsakt (Planche 10).  
**Szarski H.** The Blood Vessels of the Thymus Gland in Some of the Salientia (Planche 9).  
**Świdorski B.** Die Faunen der Czarny Czeremosz-Szybenykippen (Planche 11).  
**Wilburg J.** Das Überleben der Gewebe in der Temperatur von +38° C nach dem Tode des Hühnerembryos.

# TABLE DES MATIÈRES.

Juin—Juillet 1937.

	Page
L. KORZENIEWSKI. Etudes biométriques sur la variation des graines de l'Arole . . . . .	107
E. FRÖHLICH. Systematische Studien über polnische Eblöffel ( <i>Cochlearia</i> L.) unter Berücksichtigung der verwandten europäischen Arten . . . . .	129
B. NIKLEWSKI and J. WOLNICKA. On the Morphological Phenomena of Roots Chemotropically Excited . . . . .	147

Le «*Bulletin International*» de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles) paraît en deux séries. La première (A) est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série (B) se divise en deux sous-séries; l'une d'elles «I» contient les mémoires qui se rapportent aux diverses branches de la Botanique (la Systématique, l'Anatomie et la Physiologie des Plantes), l'autre «II» est réservée aux publications qui concernent le vaste domaine des recherches morphologiques et physiologiques sur l'homme et les animaux (Anatomie, Biologie générale, Embryologie, Histologie, Physiologie, Psychologie, Zoologie systématique et expérimentale).

Depuis 1928, le «*Bulletin International*» ne contient que les communications dont l'étendue ne dépasse pas une limite strictement définie; les mémoires de plus vaste envergure sont réunis en un Recueil différent, les «*Mémoires*» de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles). Les *Mémoires* sont également publiés en deux séries: A et B. Chaque mémoire publié dans les *Mémoires* se vend séparément.

Les abonnements relatifs au «*Bulletin International*» sont annuels et partent de Janvier. Les livraisons de ce Recueil se vendent aussi séparément.

**Adresser les demandes à l'Académie ou à la Librairie »Gebethner et Wolff«  
Rynek Gł., Cracovie (Pologne).**