Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

50X1-HUM

CONFIDENTIAL

ON SOME LAWS GOVERNING THE SYNTHESIS OF RUBBER IN PLANTS

A. A. Prokof'yev (Moscow)

1. Introduction

Conditions under which the rubber-bearing plant is cultivated influence the yield of crude rubber. In order to improve the yield effectively, it is necessary to have a correct knowledge of the process of formation or rubber in the plant. This knowledge is at present fragmentary, although publications like Bonner and Galston's "Physiology and Biochemistry of Rubber Formation in Plants" (1947) and A. A. Prokof'yev's "Localization, Formation, and Condition of Rubber in Plants" (1948) do give instances of general laws which have been discovered. The purpose of the present paper is elucidation of some laws of the behavior of plants which would make more feasible the actual selection of outward conditions having a favorable influence on the synthesis of rubber in the plant.

2. Properties of Crude Rubber in Relation to Its Origin

Rubber collects in various living tissues of the plant, the principal places of storage being a) milky vessels of various organs of the plant, b) parenchym cells of axis organs, c) assimilating cells of foliage parenchym. Rubber is stored in the plant at the place where it has been synthesized. Differences in the molecular weight of fractions contained in tissues of the same kind of plant are conditioned mainly by the age of those tissues. The kind of tissue also has an influence on the degree of polymerization. Rubber formed in the milky vessels, such as that derived from hevea, manikhot, kok-saghyz, tau-saghyz, krym-saghyz, and other plants, has a molecular weight of the order of 100,000 - 200,000. Rubber isolated from the parenchym cells of organs of the axis of guayale has a maximum molecular weight of 40,000. Guayule belongs to the middle group of the polymer-homologous series: the lowest group is formed by vatochnik, kendyr, the sunflower, and other plants which store rubber in cells of the assimilating tissue. Thus, rubber obtained from the

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

leaves of vatochnik has a molecular weight of only 13,500. The variation of the quality of crude rubber depending on the plant from which it has been derived can be seen from Table 3, while variations in the molecular weight of rubber obtained from the same plant are illustrated in Table 1. Variations of the quality of rubber from the same kind of plant, but depending on the type of the plant, are shown in Table 2.

The available material permits the conclusion that the character of the tissue in which the rubber is synthesized determines the degree of polymerization. Milkyvessels bring about the synthesis of the highest members of the homologous series, while parenchym cells and particularly the assimilating parenchym synthesize low-molecular homologs. A hypothesis which would explain the formation of rubber in the milky vessels presupposes the existence of a special plastid apparatus which is absent in parenchym cells, or else operates in a different manner in the latter cells. This hypothesis is developed below.

3. Regularities in the Variation of Form and Size of the Crude Rubber Globules of Latex.

The size and shape of rubber globules is characteristic for the species of plant in question. While the latex of most rubber bearing plants consists of spherical globules, the fully developed globules of krym-saghyz, tau-saghyz, and manikhot are rod-shaped, and those of hevea have the shape of drops or pears. All freshly formed globules are spherical, independently of the nature of the plant, but later on they grow and assume the characteristic shape. The size and shape of globules varies with the age of the plant or, to be more precise, the age of the milky vessels. It is not to be assumed that the largest globules are formed by coalescence of small spheres: this would not explain the shapes differing from the spherical. Other reasons that speak against the sort of coagulation which would occur in an emulsion in vitro are the upper limit of size and shape that are typical

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

for the species of plant and the fact that sexual propagation results in globules having shapes inherited from both parents, with the shape derived from one parent predominating. Microscopic examinations by Freundlich and Hauser (1925) have shown that each individual globule consists of three layers: an outer layer of protein next to a rubber gel fraction underneath, both covering the liquid rubber sol in the interior. The outer, protective layers of such a globule would certainly prevent coalescence. If large globules really formed by the coalescence of several small ones, the quality of the rubber would remain unchanged. This is not the case: as can be seen from Table 4, the molecular weight grows with the size of the globules. The quality of crude rubber obtained from the latex of hevea leaves and young hevea plants is very different from that of the crude rubber yielded by the latex of adult trees. Such differences cannot be due to the higher resin content of the product obtained from younger plants: determinations on purified crude rubber (i.e., the rubber hydrocarbon only with resin removed) definitely show in the cases of kok-saghyz and tau-saghyz that the molecular weight increases with the age of the plant. To give an example, Mashtakov's results (1938) show that the molecular weight of rubber in kok-saghyz roots increased from 68,000 to 250,000 in the period from 4 July to 15 November. As the last argument against the hypothesis of coalescence, the fact that observation in vivo has never disclosed any such coalescence in the milky vessels of tau-saghyz, krym-saghyz, or kok-saghyz can be cited.

The regular changes in the globules are due to the action of a special plastid apparatus. Nichiporovich (1937, 1944) has shown that increases in the phosphate and nitrogen nutrition greatly augment the rubber bearing capacity of plants like kok-saghyz and hevea. In view of the fact that neither phosphorus nor nitrogen enter into the composition of rubber, this effect must be due to a reinforcement of those structural formations which produce rubber. The organogens in

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

question are important constituents of cell protoplasts and may very well affect the development of the plastid apparatus of milky vessels which synthesizes rubber.

4. Hypothesis of the Formation of Rubber by the Action of Plastids.

While a difference of views exists regarding the precise significance and function of the protein layer which covers the globules of rubber in latex, it is probably most reasonable to assume that this layer is a stroma of plastids which synthesize rubber. Cessation of the growth of globules after a definite size has been reached can be explained by the circumstance that the stroma which has been stretched beyond a certain point by the rubber must tear and is no longer active after that. It could be actually established that the large globules are the least stable ones: whenever partial coagulation of the latex takes place, the large globules, which are inadequately protected by a protein - lipoid layer, coagulate first. This conception of the part which plastids play in the synthesis of rubber is in line with the present knowledge of the functions of the plastid apparatus in cell metabolism. Many investigators regard the protoplasm formations possessing shape, such as plastids and chondriosomes, as centers of synthetic activity of the cells. There can be no doubt in regard to the participation of plastids and chondriosomes in the synthesis of carbohydrates, fats and proteins. As far as terpenes are concerned, the mere existence of chromoplasts emphasizes the possibility of the formation by plastids of isoprene derivatives, quite particularly carotenoids. The differences in shape and in the growth of rubber globules are closely paralleled by similar conditions pertaining to the formation and growth of starch grains, and the latter are formed by plastids.

Results obtained by Hessels (1946) indicate that the content of substances other than rubber and the content of nitrogen increase as the size of rubber globules decreases. These results, which are

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

listed in Table 5, are in keeping with the mechanism of rubber formation outlined above. In other words, the quantity of rubber increases up to a certain point, while the quantity of protein, etc., contained in the outer layer remains essentially constant. Hessels' technique may have led to contamination of the globules with components of the serum. For that reason, repeated centrifuging combined with thorough rinsing in distilled water was carried out by the author. According to the results obtained in this manner which have been listed in Table 6, even globules that have been most thoroughly washed with distilled water contain protein, acetone soluble substances (lipoids?), and ash forming substances. The ash contains iron, which is an important component of enzymes. As an indirect proof of the plastid character of the outer layer of globules, the ash content related to the size of the globules may be cited. It comprises

for large globules - 0.746%

for medium-sized globules - 0.478%

for small globules - 0.274%

The same relationship can be observed in other plastids and products of plastid origin. According to Ostanin (1940), the ash content of grains of potato starch increases with the size of the grains as the potato ripens. According to data obtained by Osipova, the ash content of chloroplasts of the kidney bean also increase with age. Results published by Bonner and Galston (1947, pp. 552-554) show that besides rubber hevea latex contains proteins, amino acids, and lecithin which is composed of a number of saturated and unsaturated fatty acids. Latex also contains small quantities of free sterols, resin acids, and waxes, and larger quantities of reducing sugars and methyl inositol. These data, however, incomplete, form a basis for the belief that all essential components which are characteristic of living protoplasm are also present in latex globules. It has been shown with reference to plants bearing rubber in the roots that the dry residue of the latex increases with the

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

age of the plant (Prokof'yev, 1947). This increase is a consequence of the accumulation of rubber. In that connection the relative quantity of substances which are insoluble in acetone and chloroform has been found to drop, this relationship also holding for the latex of hevea or cryptostegia (Stewart and Hummer, 1945, 1947). Stewart and Hummer's assumption that chloroform and acetone insoluble substances may be precursors of rubber is to be rejected: there is a reverse correlation due to the circumstance that the less rubber is formed, the more of the insoluble matter is produced. This reverse correlation also applies to the formation of low-molecular terpenes in guayule, as will be shown below. In general, when the formation of rubber is slowed down, an alternative, antagonistic substance is produced from the rubber precursors. This is in keeping with the hypothesis of the plastid origin of rubber.

5. Photosynthesis and the Formation of Rubber

Rubber is definitely not a direct product of photosynthesis. The best proof of this is the circumstance that storing in the dark increases the rubber content. A number of experiments has established that storage of living roots of kok-saghyz and krym-saghyz under various conditions of water and gas exchange results in an enrichment of the roots in rubber. Thus, Sobolevskiy (1944) has shown that storage of roots of kok-saghyz during five days under conditions of inhibited gas exchange resulted in a 10-45 percent increase of the rubber content with reference to the quantity of rubber originally contained in the roots. Enrichment of the same order of magnitude could be established by Belikov (1944), who exposed roots of kok-saghyz to moderate wilting. According to Belikov, the extent of rubber synthesis in roots of kok-saghyz and krym-saghyz subsequently to the harvest depends not only on conditions of storage, but also on the condition of the plants at the time when they were harvested. Wilting, inhibition of gas exchange, and partial evacuation of the milky system by tapping stimulate the synthesis of rubber

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

during storage. From the data of Belikov and Sipman (1945) it appears that roots of plants which were in a period of intensive growth at the time of harvesting exhibit the greatest capacity for additional rubber synthesis on wilting. Roots of plants that vegetate less energetically due to the summer rest period or the dormant condition brought about by winter show a lower degree of enrichment subsequently to wilting. As can be seen from Table 7, roots obtained in the period of intensive growth added 47 percent of rubber in excess of the original content after eight days of storage. Now that these relationships have been established, the problem of utilizing them efficiently in improving the yield of rubber after the harvest must be solved.

6. Precursors of Rubber and Compounds Related to It

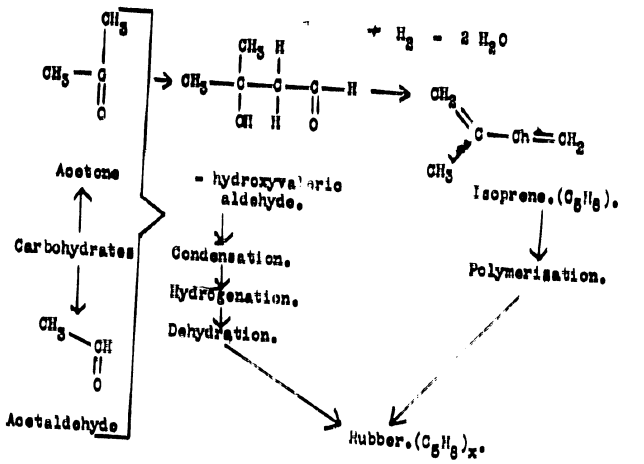
The question in regard to the immediate precursors of rubber remains open. The author has shown that formation of rubber in the roots of tau-saghy takes place even when the plant receives as the sole source of carbon glucose or saccharose. The view that carbohydrates form the starting material for the synthesis of rubber in plants is held by many investigators. Two schemes for the formation of rubber from carbohydrates (cf. p. 7) are seen possible and the alternative way represented on the left seems to be more probable than the synthesis of isoprene and its subsequent polymerization. The opinion has been expressed that low-molecular terpenes (resins) are the actual precursors of rubber. It could be shown that there is a reverse correlation between rubber and the acetone soluble material (the terpenes are soluble in acetone). Young organs and tissues of plants are richer in acetone soluble material and poorer in rubber than adult organs and tissues of the same plant. This has been amply proven in the cases of kok-saghyz, vatochnik, and guayule by the author and is illustrated in tables 8 and 9 for cryptostegia and guayule, respectively. Now, all of the acetone soluble compounds cannot be regarded as terpenes: other substances can be extracted with acetone, too. In order to clarify the relationship between

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

Fig. 1. Reaction Scheme of the Formation of Rubber in Plants



terpenes and rubber, plants which contain several representatives of the terpene class should be selected. A convenient plant from this point of view would be guayule, the parenchym cells of which synthesize along with rubber mono- and sesquiterpenes composed of isopentene groups and having the elementary composition C_5H_8 which corresponds to the formula of rubber. The composition of the essential oil obtained from the leaves of guayule is shown in Table 10.

As can be seen from Table 11, the condition of the plant determines the nature of the product which is synthesized. When an adequate supply of water is available, guayule plants collect considerable quantities of essential oil and relatively small quantities of rubber. Guayule plants which are only two months old do not contain any rubber: only low-molecular terpenes. On the other hand, greater age and a shortage of water stimulate the synthesis of rubber and reduce the formation of essential oil. The explanation of this behavior and of other facts mentioned above is most probably the existence of a common precursor for both rubber and the terpenes. It is not to be assumed that the cyclic terpenes are cleaved and converted

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

into linear polyisoprenes forming the rubber molecules.

According to Hendricks and Wildman (1946), the latex of young organs of Cryptostegia madagascariensis contains a considerable quantity of resin and the triterpene alcohol lupeol ($C_{30}H_{49}OH$) and only traces of rubber. With increased age the rubber content increases and that of lupeol drops (cf. Table 8). In hybrids of Criptostegia grandiflora and C. madagascariensis (Wildman, Abegg, Elder, and Hendricks, 1946) both characteristics are inherited from the parents, but the capacity to synthesize rubber predominates and less lupeol is formed than in plants of a pure strain of C. madagascarensis. The question as to whether two different enzymes convert a common precursor into either low-molecular terpenes or rubber has been raised. It is also possible that both syntheses are catalyzed by the same enzyme.

7. Nutritive Value of Rubber for Higher Plants

Contrary to opinions expressed by Spence and McCallum (1935 - experiments on guayule) and Mazanko (1939 -experiments on tau - saghys), the bulk of data obtained by other investigators shows that neither acceleration of growth processes nor carbon starvation result in a mobilization of the rubber reserves of plants. On the contrary, cessation of photosynthesis is accompanied by an increase of the total quantity of rubber, although other tissues of the plant decrease in weight and are apparently used up. For instance, McGavack and Faulks (1945) have obtained results on cryptostegia which are in accordance with those data and confirm the view that rubber is a final product of plant metabolism. These authors have also set up experiments on the starvation of kok-saghys roots and have obtained results which are summarized in Table 12. As can be seen from that table, even a sharp diminution of the dry weight of roots brought about by storage in the dark for 72 days has not resulted in a reduction of the absolute weight of rubber. No depolymerization of rubber indicating utilization in metabolism could be found. On the contrary, there has been an increase of the weight of

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

rubber amounting to 11-21 percent in all instances. The enrichment in rubber may have been still greater than that, because moulding took place under the conditions of the experiment and some of the rubber could have been destroyed as a consequence of this. The increase of the quantity of acetone extractibles may have been due to hydrolysis of inulin with the formation of acetone soluble sugars. Similar experiments have been carried out by Traub (1944) on guayule, except that the plants were not stored in the dark, but set up in pots filled with sand. Partial or complete cessation of photosynthesis (i.e., starvation) was brought about by tearing off the leaves. The results of those experiments are listed in Table 13. They show that although the store of carbohydrates diminished sharply, rubber was not consumed at all in the metabolic processes induced by starvation. On the contrary, in the course of the experiments in question an increase of the quantity of rubber amounting to 30-36 percent of the original weight must have taken place. Traub furthermore brings out that the weight of acetone soluble substances was reduced by starvation. If rubber were brought into the process of metabolism and oxidized, an additional quantity of acetone soluble substances would result.

Something must have been wrong with the data obtained by Spence-McCallum and Mazanko. Destruction of rubber in roots of kok-saghys as a consequence of moulding had been noted before and disappearance of some of the rubber due to moulding may have been a source of error. It is also known that rubber contained in dead guayule tissue may be converted into acetone soluble resins by oxidations: the data listed in Table 14 illustrate that. A third possible source of error may have been polymerization of rubber to high-molecular compounds which were insoluble and could not have been extracted for that reason.

There can be no question but that rubber does not enter into the metabolism of higher plants in which it is originated.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

8. Conclusion

Work in connection with the first phase of the utilization of rubber-bearing plants, namely that aiming at better methods of cultivation and the improvement of yields by this means, may be regarded as concluded. At present the principal effort in the field of research must be devoted to a general improvement of the rubber bearing capacity of plants and the possibility of insuring a better quality of the crude rubber derived from that raw material. Results obtained by the method of storing living plants after harvest show that external influences may strongly affect the rate of rubber synthesis. There can be no doubt that potent influences like the supply of water, mineral nutrition, and light conditions are capable of modifying the development and function of rubber bearing tissues as far as their capacity to synthesize rubber is concerned. The methods applied to different plants must be adapted to their specific behavior. Thus, guayule forms low-molecular terpenes together with rubber, an improvement of the rubber yield by reducing the formation of terpenes can be envisioned. Furthermore, the results outlined above suggest that an attempt in this direction may be expected to be rather successful. As far as kok-saghyz and other plants which bear rubber in the roots are concerned, the situation is rather different in the sense that rubber is the principal and practically exclusive representative of the terpene class. The synthesis of rubber in those plants may be limited either by the small quantity of precursor which is available or the inadequate capacity of the milky vessel plastids to polymerize substances which are formed to a sufficient extent. The determination of the exact nature of this bottleneck seems to be an important and pressing problem. The material presented in this article ought to form a useful contribution towards the solution of that problem. Particular attention should be drawn to the synthesis of rubber in kok-saghyz roots after the harvest. All prerequisites for enlarging the scope of work based on that finding and of practically applying the results in question are given.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONF

[redacted]

BIBLIOGRAPHY

1. Belikov, P. S. 1944. Concerning the Question of Rubber Formation in Kok - Saghyz Roots. DAN SSR (Reports Acad Sci of USSR). Vol. 45, No. 5

2. Belikov, P. S. and Lipman, B. L. 1945. On the Enrichment of Kok - Saghyz Roots with Rubber Subsequently to the Harvest. DAN SSSR, (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 50.

3. Blokhintseva, I. I. 1940. Formation of Rubber in Kok - Saghyz As a Result of the Physiological Activity of Milky Vessels. Izv. AN SSSR, ser. biol. (News Acad Sci of USSR biol. series) No. 4, 608-13. 1944. Variation of Rubber Particles in Krym - Saghyz and Kok - Saghyz Latex During the Process of Vegetation. Izv. AN SSSR, OBW. (News Acad Sci of USSR, Div Biol Sci), No. 4.

4. Borisov, G. I. and Lyubimenko, V. N. 1936. Localization and Physiology of Rubber Formation in Plants. Review "Rubber and Rubber Bearers", Vol. I, Moscow-Leningrad, pp. 211-88.

5. Bosse', G. G. 1940. On Rubber and Rubber-Yielding Plants. Uch. zap. MGU (Sci Contributions Moscow State U), No. 36, pp. 223-56.

6. Vel'tishcheva, L. Ya. 1936. Some Data Relating to the Question of Formation and Expenditure of Rubber in Guayule (Parthenium argentatum Gray). Review "Physiology and Anatomy of Rubber Bearers", Moscow, pp. 199-206.

7. Wilson, E. 1936. The Cell and Its Role in Development and Heredity. Vol. I, Med State Publishing House, Moscow-Leningrad.

8. Hauser, E. 1932. Latex. (From the English) State Chem-Tech Publishing House, Moscow-Leningrad.

9. Dobrunov, L. G. 1946. Changes of the Quality of Rubber in Tasu - Saghyz with Age. DAN SSR (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 51, No. 4.

10. Ignat'ev, A. M. 1944. Composition and Properties of Natural Rubber and Gutta-Percha. Chapter from review "Technology of

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Plant Rubber and Gutta-Percha", State Chem Publishing House, p. 46

11. Kuz'Min, S. P. 1936. Cultivation of Guayule (Parthenium argentatum Gray) in Soils of Various Humidity. Review "Physiology and Anatomy of Rubber Bearers" edited by A. A. Nichiporovich, Sel'khozgiz (Agric State Publishing House), Moscow, pp. 10-49

12. Lebedeva, A. P., and Uspenskaya, S. V. 1936. Dynamics of the Storage of Rubber in Kok - Saghyz as Related to the Phases of Development or Growth. Review "Physiology and Anatomy of Rubber Bearers" edited by A. A. Nichiporovich, Agr State Publishing House, Moscow, pp. 81-109.

13. Mazanko, F. P. 1939. On the Problem of the Physiological Function of Rubber in Tau - Saghyz and Krym - Saghyz (Scorzonera tau - saghyz; Taraxacum hybernum Stev.), Kauchuk i Resina (Crude and Vulcanized Rubber), No. 6, pp. 44-48.

14. Mashtakov, S. M. 1938. Qualitative Changes in the Rubber and Resins of Kok -Saghyz (Taraxacum kok - saghyz Rodin) and Dynamics of the Formation of Rubber. DAN SSSR (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 19, No. 4, pp. 309-12.

1939. Guayule (Viscosometric Characteristics of Rubber and Physico - Chemical Constants of Resins Derived from Various Forms and Types of Guayule), Kauchuk i Resina (Crude and Vulcanized Rubber), No. 9, pp. 36-40.

1948. Is Rubber Expended in Kok - Saghyz? DAN SSSR (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 59, No. 3.

15. Neiman, G. B. and Dobrovol'skaya, N. N. 1940. Enrichment in Rubber during the Storage of Kok - Saghyz, Reports of the All-Union Acad of Agric Sci imeni V. I. Lenin, No. 22, pp. 29-31.

16. Nichiporovich, A. A. 1937. Influence of Mineral Nutrition on the Formation and Storage of Rubber in Plants. Tr. Moscow House of Scientists, No. 1, pp. 73-89. - - 1944.

17. Nichiporovich, A. A. and Burovaya, B. N. 1938. Storage of Rubber in Kok - Saghyz as a Function of its Biolgocial Maturation, DAN SSSR (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 19, No. 4, 313-316.

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

1939. Dynamics of Nutrition and Development of Kok - Saghyz. Review "Biochemistry and Physiology of Rubber-Bearing Plants" edited by A. A. Nichiporovich and A. A. Profkof'ev, GONTI (State Scientific-Technical Publishing House), pp. 6-29.

18. Nichiporovich, A. A. and Ivanitskaya, E. F. 1944. On the Connection between the Formation of Leaves and the Formation of Circles of Milky Vessels in Roots of Kok - Saghyz and Krym - Saghyz, DAN SSSR (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 44, No. 1.

1945. On Conditions of Functioning of the Respiratory (Leaf) Apparatus as a Factor in the Differentiation of Milky Vessels in Kok - Saghyz Roots, DAN SSSR (Reports Acad Sci of USSR), Vol. 46, No. 1.

19. Ostanin, S. N. 1940. Influence of the Degree of Ripening of Potatoes Tubers on the Quality of the Starch, Doklady VASKhNIL (Reports All-Union Acad Agric Sci imeni V. I. Lenin), No. 6, pp. 19-21.

20. Profkof'ev, A. A. 1932. Kendyr' as a Rubber Bearer. 1st Review on Rubber Bearers VNIIK (All-Union Sci Research Inst for Crude Rubber and Gutta-Percha), No. 5.

1932. Storage of Rubber in Assimilating Tissue, loc. cit., pp. 3-7.

1939. Formation of Rubber in Plants, Izv. AN SSSR ser. biol. (News Acad Sci of USSR, biological series), No. 6, pp. 908-923.

1940. The Biological Function of Rubber, Izv AN SSSR ser. biol. (News Acad Sci USSR, biol. series), No. 4, pp. 589-607.

1944. On the Synthesis of Rubber in Plants. Communication: 1: The Possibility of Rubber Formation in Connection with the Heterotrophic Feeding of Carbohydrates to Plants, DAN SSSR (Reports Acad Sci USSR), Vol. 43, No. 4.

1946. On the Plastid Origin of Rubber, Botan. Zh. SSSR (Botanical Journal of USSR), Vol. 31, No. 2, pp. 5-9.

1947. Some Regular Variations in the Latex of Herbs, DAN SSSR (Reports Acad Sci USSR), Vol. 56, No. 2.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

1948. Localization, Formation, and Condition of the Rubber in Plants. Published by AN SSSR (Academy of Sci USSR), Moscow-Leningrad.

21. Sisakyan, N. M. and Kobyakova, A. M. 1948. Phosphorylase in Isolated Plastids, DAN SSSR (Reports Acad Sci USSR), Vol. 61, No. 6.

1948. Activity and Condition of Enzymes in Plastids, Biokhimiya (Biochemistry), Vol. 13, No. 1, pp. 88-94.

22. Sisakyan, N. M. and Kuvaeva, E. B. 1948. Polyphenoloxydase and Peroxydase Activity of Isolated Plastids, DAN SSSR (Reports Acad Sci USSR), Vol. 62, No. 1.

23. Sobolevskaya, O. Yu. 1944. Formation of Rubber in Disinterred Kok - Saghyz Roots under Conditions of Inhibited Gas Exchange, DAN SSSR (Reports Acad Sci USSR), Vol. 44, No. 8.

24. Staudinger, G. 1935. High-Molecular Organic Compounds. Rubber and Cellulose. (From the German). ONTI (United Scientific-Technical Publishing House), Leningrad.

25. Aschan, O. 1929. Naphthenes, Terpenes, and Camphors. Berlin and Leipzig. (German).

26.

27.

28.

29. Freundlich, H. and Hauser, E. A. 1925. Colloid Chemistry of Natural Latex. Zsigmondy Festschrift (Volume published in Honor of Zsigmondy - supplementary volume to Vol. XXXVI of Kolloid-Ztschr.), pp. 15-36. (German).

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

27. Hauser, E. A. 1927. Contributions to the Field of Colloid Chemistry of Latex. III. Individual Shapes of Rubber Particles in Latex and their Heritability. Kautschuk, Vol. 3, 357-359. (German)

1946. The Morphology of Rubber Latex Particles, a Critical Review. Rubber Chem. a. Techn., Vol. 19, No. 1. (English)

32.

33.

34.

35.

36.

37.

28. Memmler, K. 1930. Handbook of Rubber Science. Leipzig. (German)

39.

40.

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

41.

42.

29. Weber, C. O. 1904. On latex of Castilloa Elastica and Its Coagulation. Gummi-Zeitung, Vol. 29. (German)

44. [Note: English language reference works are omitted]

45.

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

Table 1. Molecular Weight and Viscosity of Benzene Solutions of Various Fractions of Kok - Saghyz Rubber (Ignat'ev, 1944).

Molecular weight	Specific ee viscosity of solutions at concentrations expressed in %		
	0.1	0.05	0.025
36 000	0.16	0.08	0.04
49 000	0.23	0.11	0.05
72 000	0.34	0.16	0.08
125 000	0.59	0.27	0.13

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

~~On Some Laws Governing the Synthesis of Rubber in Plants.~~

Table 2. Relative Viscosity and Molecular Weight of Rubber from Various ~~Grades~~ Types of ~~Granule~~ Guayule.

(Mashtakov, 1939).

Concentration. / Grade.	Relative Viscosity and molecular weight of the crude rubber							
	1.0%	0.5%	0.25%	0.125%	0.05%	0.025%	Molecular weight.	Degree of polymerization.
Karabakh Pioneer	2.24	1.58	1.25	1.15	1.074	1.050	23 600	350
Blue Latifolium	2.57	1.65	1.32	1.18	1.080	1.062	27 500	400
Angustifolium, Group 65.	3.53	2.02	1.49	1.24	1.120	1.09	40 000	600

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Table 3. The Quality of Crude Rubber Depending on its Origin.

Name of plant.	Organ.	Tissue forming the rubber.	Molecular weight of the rubber.
Kok - saghyz.	Roots.	Milky vessels	150 000 - 250 000
Tau - saghyz	"	" "	127 000 - 150 000
Hevea	Trunk	" "	140 000 - 180 000
Cryptostegia	"	" "	120 000 - 150 000
"	Leaves	Assimilating parenchym	10 000 - 16 000
Vatochnik	"	" "	13 500
Zolotarnik	"	" "	Low polymer
Guayule	Trunk, branches, and roots.	Basic parenchym	25 000 - 40 000

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

Table 4. Variation of the Molecular Weight of Crude Rubber in Relation to the Size of Latex Globules.

Latex Fractions.	Average Size of Globules.		Molecular Weight.
	Diameter in microns.	Volume in cubic microns.	
Original latex (kok - sagiys)	1.18	0.857	190 000
1 st fraction (of centrifuging)	1.36	1.290	225 000
2 d "	1.27	1.003	193 000
3 d "	1.20	0.903	148 000
4 th "	1.08	0.652	150 000
5 th "	1.00	0.522	137 000
6 th "	0.83	0.309	-

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

~~On Some Laws Concerning the Synthesis of Rubber by Plants.~~

Table 5. Composition of Various Fractions of Hevea Latex (Hessels, 1946).

Composition in %	Fractions on centrifuging.				Original latex.
	1 st.	2 d.	6 th.	8 th + 9 th	
Nitrogen	0.04	0.07	0.07	0.11	0.10
Ash	0.05	0.16	0.20	0.52	0.15
Aqueous extract	0.50	1.00	1.20	1.70	0.60
Acetone extract	1.50	2.10	3.90	4.30	1.70
Total quantity of substances other than rubber *)	2.30	3.70	5.70	7.20	3.30

*) The nitrogen is assumed to be protein nitrogen.

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

Table 6. Composition of Rubber Globules from Kok - Saghyz Latex.

Component.	% referred to the absolute dry weight of the coagulate.
Nitrogen compounds recalculated as proteins	1.49
Ash	0.66
Acetone soluble substances	10.40
Crude rubber (by difference)	87.45

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

Table 7. Formation of Rubber in Roots of 2-year Old Kok-saghyz After the Harvest and on Wilting as Related to the Age of the Plant (the Time of Harvesting). Data from Belikov and Lipman, 1945.

Time of experiment.	Variation of conditions.	Weight of roots in specimen - grams.		Weight of rubber in grams.	Increase of the weight of rubber in % of original weight as determined in control experiment.
		Before experiment.	On conclusion of experiment.		
July 8 - 16	Control experiment	200	-	1.47	-
	Wilted	200	170	2.16	+ 47
Aug. 8- 16	Control experiment	200	-	2.09	-
	Wilted	200	169	2.56	+ 22
Oct. 8- 18	Control experiment	300	-	3.49	-
	Wilted	300	256	3.96	+ 12

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

~~On Some Laws Governing the Synthesis of Rubber in Plants.~~

Table 8. Differences in the Quality of the Dry Residues of Latex Derived from Various Overground Organs of Individual ~~Separate~~ Cryptostegia Madagascariensis Plants (Wildman et al., 1946).

Number of zone.	Part of the plant specimen.	Average diameter in milimeters.	Percent of	
			Acetone extractibles	Rubber
1	Trunk	65	8.1	68.5
2.	Large branches	40	7.4	69.7
3	Medium branches	24	10.0	72.7
4	" "	15	23.5	54.2
5	Small branches	10	61.1	14.2
6	Young sprouts	3-4	72.8	1.6

CONFIDENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Table 9. Relative Content of Rubber and Resins in Overground Organs of 9 - year Old Guayule (Curtis, 1947 *).

Sprouts formed by the plant	% of dry weight	
	Rubber.	Resins.
in the 1 st year of life	15.26	6.71
" " 2 d " " "	15.55	6.84
" " 3 d and 4 th " " "	15.32	7.26
" " 5 th " 6 th " " "	14.90	7.96
" " 7 th " 8 th " " "	13.54	9.21
" " 9 th " " "	9.88	10.68

C* data taken from Table V of the original publication.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDE

Table 10. Composition in % of Essential Oil of Guayule Leaves (Haagen-Smit and Siu, 1944).

α - pinene	60
β - pinene	2
Dipentene	9
Cadinene	8
Other terpenes	6
Sesquiterpene alcohol similar to elemol	4
Phellandrol	4
Sesqiterpenes having azulene nuclei	3
Sesquiterpene similar to guaiene	2
Terpene ketone	2

CONFIDE

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Table 11. Rates of Collection of Rubber and Essential Oil by Guayule During Various Vegetative Periods (Prokof'ev, 1939).

Vegetative period.	Average amount in milligrams of material stored per day			Ratio rubber / essential oil.
	Absolutely dry material.	Rubber	Essential oil.	
Budding - bearing of fruit (May 22 - Aug. 3,1937)	403	5.6	3.6	$\frac{1}{0.64}$
Period of rest (Sept. 25, 1937 - Jan. 25, 1938)	104	12.7	1.1	$\frac{1}{0.09}$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Table 12. Experiments on the Starvation of Kok - Saghyz Roots (McGavack and Faulks, 1945).

No. of group. (groups consisting of 200 roots).	Number of days during which sample (group of 200 roots) has been stored.	Fresh weight in grams of 200 roots at the time when the experiment was started.	Dry weight in grams of 200 roots.	Weight in grams of matter extracted by acetone from 200 roots.	Weight in grams of rubber (extracted by toluene) from 200 roots.
1	0	2020	397	14.7	19.75
2	29	2020	359	16.8	22.00
3	57	2020	338	31.6	23.90
4	72	2020	316	27.6	22.70

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Table 13. Rubber Content of Axis Organs of Guayule as Related to Partial or Complete Starvation (Traub, 1944).

Analysis.	Weight in grams per group of 15 plants.					
	1 st variation - leaves have not been torn off.		2 d variation - leaves torn off once.		3 d var-n - leaves torn off repeatedly and systematically.	
	Rubber	Carbohydrates	Rubber	Carbo-hydrates.	Rubber	Carbo-hydrates.
At the time when the experiment was started	4.65	22.09	4.55	21.48	4.53	22.09
At the conclusion of experiment	6.05	7.03	6.21	5.75	6.10	1.43

(Age of plants was 16 months. Duration of experiment was 2 - 4 months.)

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

CONFIDENTIAL

~~On Some Laws Governing the Synthesis of Rubber in Plants.~~

Table 14. Rubber Bearing Capacity and Resin Content of Dead ~~Stems~~ Stalks of Guayule (Curtis, 1947).

Condition of organs and substances derived from them.	2 - year old plants.	2 - year old plants which have been watered.	3 - year old plants.	3 - year old plants which have been watered.	9 - year old plants.
Dry Weight of Dead ~~Stems~~ Stalks.					
Grams per plant.	13.0	19.0	66.0	73.0	190.0
% with reference to leafless plant.	7.8	6.7	14.1	14.7	19.9
Content of Rubber in %.					
Dead stalks	0.7	1.1	2.6	2.5	5.4
Leafless living stalks	10.8	6.4	10.7	9.1	13.4
Content of Resin in %	~~2.9~~				
Dead Stalks	2.9	4.1	7.0	7.0	13.3
Leafless living stalks	7.1	6.1	6.1	6.2	7.0

DENTIAL

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Follis, Day a. McCollum. 1941. J. Nutrit., 22, 223.
Howe, Helvehjem a. Hart. 1940. J. Biol. Chem., 134, 425; 136, 425.
Johnson. 1941. J. Biol. Chem., 137, 575.
Kaufmann et Brüll. 1939. Bull. Soc. chim. biol., 21, 422.
Kazuo Yamatuji u. Kyoshin So. 1940. Bioch. Ztschr., 305, 355.
Keilin a. Mann. 1940. Biochem. J., 34, 1163.
Kent a. Beare. 1944. J. Depart. Agricultur. South Australia, 47, 479.
Lohmann u. Kossel. 1939. Naturwiss., 595.
Lundegardh. 1934. Naturwiss., 572.
Lyman a. Dean. 1942. Soil Sci., 54, 315.
McCance a. Widdawson. 1942. Biochem. Journ., 36, 693.
McIntosh a. Selbie. 1942. Lancet, 243, 750.
McKay, Callaway a. Barnes. 1940. J. Nutrit., 20, 59.
Metz. 1930. Archiv Mikrob., 1, 190.
Montgomery, Shelin a. Chaikoff. 1943. J. of Exper. Med., 78, 151.
Mousseron et Fauroux. 1932. Bull. Soc. chim. biol., 14, 1239.
Mussell. 1941. Wien. tierärztl. Mschr., 28, № 6, 136.
Neuberg u. Kobel. 1935. Biochem. Ztschr., 280, 297.
Reed. 1944. Amer. J. Bot., 31, No. 4, 193.
Shelin, Chaikoff, Jones a. Montgomery. 1943. J. Biol. Chem., 140, 139.
Smith a. Bayliss. 1942. Plant Physiol., 17, 303.
Szapek. 1920. Biochemie der Pflanzen.
Zuncan. 1940. Berichte ü. d. ges. Physiol. u. exper. Pharmakol., 131, 537.

УСПЕХИ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ

ТОМ XXVII 1949 ВЫП. 3

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ СИНТЕЗА КАУЧУКА В РАСТЕНИЯХ

А. А. ПРОКОФЬЕВ (Москва)

Развитие отечественного каучуководства выдвигает перед наукой ряд важных задач, решение которых должно помочь освоению новых технических культур. Среди этих задач важнейшей является выяснение условий, определяющих образование каучука в растении.

Накопленный в настоящее время материал свидетельствует о том, что условия культуры в той или иной степени отражаются на каучуконосности растения и урожае каучуконосного сырья. Однако рациональное воздействие на растение, с целью повышения его продуктивности, возможно только на основе правильного представления о том, как образуется каучук в растении. К сожалению, наши знания в этой области еще крайне недостаточны, что в значительной мере объясняется сложностью вопроса. Тем не менее работами главным образом советских исследователей удалось установить ряд положений, которые необходимо учитывать при культуре каучуконосных растений. Опубликованная недавно сводная статья «Физиология и биохимия образования каучука в растениях» Боннера и Гальстона (Bonner a. Galston, 1947) и монография Прокофьева «Локализация, образование и состояние каучука в растениях» (1948) дают примеры отдельных закономерностей. Однако со времени составления этих сводок появились новые данные и соображения, позволяющие более четко формулировать ряд положений, чем это было сделано до сих пор.

Исключительное значение проблемы повышения каучуконосности кок-сагыза было подчеркнуто акад. Т. Д. Лысенко на совещании по каучуконосам, состоявшемся в ВАСХНИЛ в конце января 1949 г. В своем выступлении акад. Лысенко, отмечая явную недостаточность наших знаний в области образования каучука, призывал усилить разработку этого вопроса с целью создания системы мероприятий, обеспечивающих значительное повышение каучуконосности.

Задачей нашего обзора является освещение некоторых закономерностей, присущих растениям, с тем, чтобы на основе этого подойти в дальнейшем к подбору внешних условий, благоприятно влияющих на синтез каучука.

КАЧЕСТВО КАУЧУКА В СВЯЗИ С ЕГО ПРОИСХОЖДЕНИЕМ

Как было указано несколько лет назад (Прокофьев, 1937, 1939), каучук накапливается в различных живых тканях растений. Основными вместилищами каучука являются: а) млечные сосуды различных органов растений, б) паренхимные клетки осевых органов, в) ассимилирующие клетки листовой паренхимы.

Согласно развиваемым нами представлениям (Прокофьев, 1948), каучук накапливается в местах своего синтеза.

В свете этого возникает вопрос, в какой мере специфика тканей, синтезирующих каучук, влияет на качество последнего. Как известно, молекула каучука построена из изопентеновых группировок и имеет нитевидный характер. Число изопентеновых групп, определяющее длину

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

молекулярной нити и тем самым молекулярный вес каучука, различно у каучуков разных растений. Более того, даже в пределах одного растения различные органы и ткани могут содержать каучуки с различным молекулярным весом. Таким образом, натуральный каучук (продукт, добываемый из растений) представляет собой полимергомологический ряд углеводородов, отличающихся друг от друга молекулярным весом. Подобное представление о каучуке, как полимергомологическом ряде, высказанное впервые Штаудингером (1935), в настоящее время находит многочисленные подтверждения. Так, например, каучук гевеи, по данным Штаудингера, может быть разделен на гель-фракцию, с молекулярным весом в 140 000, и золь-фракцию, обладающую молекулярным весом 50 000. Фракционируя каучук по методу Штаудингера, Сенаторская и Игнатьев (Игнатьев, 1944) показали, что каучук кок-сагыза имеет в своем составе различные полимеры. Определение молекулярного веса этих полимеров, произведенное вискозиметрическим путем, показало, что каучук легко растворимых фракций обладает сравнительно небольшим молекулярным весом (табл. 1).

Таблица 1

Молекулярный вес и вязкость бензольных растворов различных фракций каучука кок-сагыза (Игнатьев, 1944)

Молекулярный вес	Удельная вязкость растворов при концентрации в %		
	0,1	0,05	0,025
36 000	0,16	0,08	0,04
49 000	0,23	0,11	0,05
72 000	0,34	0,16	0,08
125 000	0,59	0,27	0,13

Как будет показано ниже, подобные различия в молекулярном весе каучука, заключенного в тканях одного вида растений, в основном обусловлены возрастным состоянием тканей. Однако наряду с этим на полимерность каучука может оказывать влияние и тип ткани, в которой образуется каучук. Здесь следует прежде всего отметить следующее. Независимо от систематического положения растений, каучук, возникающий в млечной системе, принадлежит к высшим членам полимергомологического ряда, т. е. обладает высоким молекулярным весом. Подобный каучук содержится в гевее, маниоте, кок-сагызе, тау-сагызе, крым-сагызе и ряде других растений. Суммарный молекулярный вес каучуков указанных растений измеряется величинами порядка 100 000—200 000. Значительно ниже молекулярный вес каучуков, возникающих в паренхимных тканях. Так, например, каучук, выделенный из паренхимы осевых органов различных сортов и форм гваюлы, резко отличается по молекулярному весу от латексных каучуков (табл. 2).

Как видно из таблицы, молекулярный вес каучука гваюлы не превышает 40 000.

Это дает основание отнести каучук гваюлы к средним членам полимергомологического ряда. Однако наименее полимерные каучуки, являющиеся низкими членами ряда, возникают в клетках ассимилирующих тканей. Испытание углеводородов, полученных из листьев ваточника, кендыря, подсолнечника и др., неизменно показывало резкое отличие этого вида каучуков от продуктов, образующихся в растениях первых двух групп. Так, например, по данным Маштакова (1939), молекулярный вес каучука, выделенного из листьев ваточника, был равен 13 500. Таким образом, длина молекулярной цепи углеводорода каучука ваточника примерно в 10 раз короче молекулы каучука кок-сагыза или гевеи.

Таблица 2

Относительная вязкость и молекулярный вес каучука различных сортов гваюлы (Маштаков, 1939)

Концентрация	Относительная вязкость и молекулярный вес каучука							
Сорта	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Пионер Карабала	2,24	1,58	1,25	1,15	1,074	1,050	23 600	350
Латифолиум голубая	2,57	1,65	1,32	1,19	1,080	1,062	27 500	400
Латифолиум 65-й группы	3,53	2,02	1,49	1,24	1,120	1,09	40 000	620

О том, что в данном случае основную роль играет именно место образования каучука, а не природа растения проявляется резкое различие в качестве каучука, накапливающегося в млечниках и ассимилирующих тканях одного и того же растения. Впервые наличие каучука в ассимилирующей ткани, мезофиллы и кендыря было показано советскими исследователями в 1930—1931 гг. (Прокофьев, 1932). Тогда же было обращено внимание на то, что каучуки, получаемые из млечников и ассимилирующих тканей, резко различны. Последующие работы с ваточником и особенно с крипостегией полностью подтвердили это положение. Так, например, Виттенбергер и Кельнер (Wittenberger a. Kelner, 1945), подвергая анализу каучук, выделенный из листовой мякоти листьев крипостегии (Cryptostegia grandiflora) и гибрида, полученного от скрещивания двух видов крипостегии (C. madagascariensis Boj × C. grandiflora R. Br.), пришли к выводу, что в обоих случаях каучук мякоти листа отличается низким молекулярным весом. К этому заключению авторы пришли на основании испытания свойств вулканизатов, а также хорошей растворимости продукта в метилэтилкетоне, в котором, как известно, высокополимерные каучуки не растворимы.

По данным Гувера (Hoover et al., 1945), каучук ассимилирующих клеток листьев крипостегии имеет молекулярный вес порядка 10 000—15 000. Автор также указывает на полную растворимость этого каучука в метилэтилкетоне. Таким образом, все исследования согласно отмечают, что каучук листьев крипостегии характеризуется низким молекулярным весом. В противоположность этому, каучук, полученный из латекса того же растения, является высокополимерным соединением, напоминающим по своим свойствам каучук гевеи. Зависимость качества каучука от характера синтезирующей его ткани показывает табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, каучук, возникающий в млечниках, резко отличается степенью полимерности от каучуков, образованных паренхимными тканями.

Таким образом, рассмотренные материалы дают основание утверждать, что **характер ткани, в которой синтезируется каучук, определяет степень его полимерности. Млечные сосуды способны осуществлять синтез высших членов гомологического ряда, в то время как паренхимные клетки и особенно ассимилирующая паренхима синтезируют лишь низкополимер-**

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

ные каучуки. Причина подобного различия неизвестна. В качестве гипотезы можно высказать следующее положение: как будет показано ниже, образование каучука в млечных трубках связывается нами (Про-

Таблица 3

Качество каучука в связи с его происхождением

Наличие растений	Орган	Ткань, образующая каучук	Молекулярный вес каучука
Кок-сагыз	Корни	Млечники	150 000—250 000
Тау-сагыз	»	»	127 000—150 000
Гевея	Ствол	»	140 000—180 000
Криптостегия	»	»	120 000—150 000
»	Листья	Ассимилирующая паренхима	10 000—16 000
Ваточник	»	То же	13 500
Золотарник	»	»	Низкополимерный продукт
Гваюла	Ствол, ветви и корни	Основная паренхима	25 000—40 000

кофьев, 1937, 1946, 1948) с деятельностью специального пластидного аппарата; не исключена возможность, что паренхимные клетки растений или лишены подобного аппарата, или работа его протекает в условиях, исключающих возникновение высокополимерных соединений.

ЗАКОНОМЕРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ И ВЕЛИЧИНЫ КАУЧУКОВЫХ ГЛОБУЛ ЛАТЕКСА

Многочисленными работами было показано, что каучуковые глобулы имеют размер и форму, характерную для данного вида растений. Латексы большинства каучуконосов содержат глобулы сферической формы (кок-сагыз, фикус, кастилла, ваточник, кендырь, многие виды одуванчиков, козельцов, молочаев и т. д.). Вполне сформированные глобулы латексов крым-сагыза, тау-сагыза, манихота и гевеи отклоняются от сферической формы, превращаясь, например, у первых трех каучуконосов в палочковидные образования. Однако, как было установлено работами главным образом советских исследователей (Баранова, Руденская, Блохинцева, 1940, 1944; Прокофьев, 1939, 1948), возникающие глобулы каучуконосных растений, независимо от природы последних, имеют вид мелких шариков. В дальнейшем наблюдается рост этих шариков, причем у некоторых каучуконосов, отмеченных выше, наблюдается превращение сферических образований в несферические. В настоящее время закономерные изменения формы и величины каучуковых глобул с возрастом растений (точнее с возрастом млечника) можно считать твердо установленным фактом. Однако причина подобных изменений является предметом оживленной дискуссии. Многие исследователи считают, что рост глобул и изменение их формы происходит в результате слияния отдельных мелких шарообразных глобул (Beadle a. Stevens, 1912, 1913; Lucas, 1938, 1942; Hendricks, Wildmann a. McMurdie, 1944). Таким образом, глобулы несферические рассматриваются ими как образования вторичные, возникающие в итоге соединения нескольких сферических глобул.

Как видно, в основе этого взгляда лежит представление о латексе как о чисто коллоидной системе, в которой главную роль играют законы физической химии. Между тем латекс, как составная часть живой клетки, должен рассматриваться в первую очередь как система биологическая. При подобном подходе изменения, наблюдаемые в латексе, и в частности в его дисперсной фазе, должны стоять в связи с отправлениями органоидов клетки.

Представления Лукаса, Гендрикса и др. встречают ряд возражений, так как не позволяют объяснить многие явления и факты.

а) Так, например, самая закономерность роста и изменения глобул заставляет предполагать, что у всех растений данного вида в определенные моменты жизни действуют какие-то физикохимические причины, приводящие всегда к одному и тому же результату. Известно, например, что молодые глобулы тау-сагыза первоначально имеют вид мелких шариков, затем они, увеличиваясь в размере, приобретают характер кубышечек, которые в свою очередь, за счет удлинения острого конца, превращаются в булавовидные образования. Подобный путь проделывает каждая глобула латекса тау-сагыза в процессе своего индивидуального развития. Если бы образование палочковидных глобул происходило за счет слияния шарообразных частиц, рост глобул едва ли носил бы столь строгий, закономерный характер.

В частности, появление несферических глобул только у растений определенного возраста и отсутствие их у более молодых приз иллюстрируют зависимость этого процесса от состояния растения, подчеркивая тем самым биологические причины подобного изменения глобул.

б) Хорошо известно, что рост глобул останавливается по достижении определенной, предельной величины, характерной для данного вида, а нередко даже и для отдельного растения данного вида. Почему же это слияние мелких сферических частиц, за счет которого шел рост глобулы, вдруг перестало иметь место? Почему при исследовании живых млечных трубок или свежее полученного латекса мы не находим «глобул-гигантов»?

в) Как объяснить с позиций Лукаса, Гендрикса и других вышеупомянутых исследователей факт резкого различия величины и формы глобул, например, у кок-сагыза, гевеи и тау-сагыза? Ведь состав латексов (по крайней мере по основным показателям) этих растений и качества получаемых из них каучуков достаточно близки между собой. Почему же одни и те же законы, вызывающие слияние шарообразных глобул, приводят к столь различным образованиям (шарообразные глобулы у кок-сагыза, грушевидные у гевеи и булавовидные у тау-сагыза)?

г) В такой же степени не поддается объяснению факт индивидуальных особенностей глобул отдельных растений, которые мы наблюдали у крым-сагыза и тау-сагыза. Подобные же явления отмечает и Гаузер (Hauser, 1927) в отношении гевеи. По наблюдениям Гаузера, растения, полученные вегетативным путем, сохраняют материнскую индивидуальную форму каучуковых глобул. При половом размножении потомство имеет индивидуальные формы обоих родителей, причем преобладает индивидуальная форма одного из них.

д) Изучение структуры глобул гевеи, проведенное с помощью микроманипулятора впервые Фрейндлихом и Гаузером (Freundlich u. Hauser, 1925) и позднее Гаузером (Hauser, 1927; Гаузер, 1932), показало, что глобулы имеют по крайней мере три различных слоя. Поверхностный слой состоит из белковых веществ, затем идет кожистый слой каучука, обозначаемый как гель-фракция. Внутренняя часть глобулы заполнена более жидкой фазой каучука, получившей название золь-фракции. Работами советских исследователей было показано, что, независимо от размера глобул, последние всегда несут на себе поверхностный белковый слой. Таким образом, если принять, что глобулы растут за счет слияния более мелких сферических частиц, надо допустить тогда также, что наличие всех этих слоев не препятствует слиянию глобул с последующим восстановлением первоначальной структуры. Все это представляется мало вероятным.

е) Если действительно крупные глобулы образуются сочетанием нескольких мелких, следует ожидать, что качество каучука (например,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

его молекулярный вес) должно быть одинаково в глобулах различного размера. Между тем (см., например, Meunier, 1930) было отмечено, что качество каучука из латекса листьев и молодых растений гевеи реже отличается от каучука, полученного из взрослых деревьев. Правда, при этом отмечается, что подобное различие можно бы заметить от большей смолистости продукта, выделенного из молодых растений. Однако данные Маштакова (1938) показывают, что и в том случае, когда исследованию подвергается очищенный каучук (т. е. собственно углеводород), изменение качества каучука с возрастом растения безусловно имеет место. Так, например, по данным Маштакова, молекулярный вес каучука в корнях кок-сагыза за период с 4 июля по 15 ноября увеличился с 68 000 до 250 000. Такие же данные были получены в отношении тау-сагыза Добруновым (1946).

Непосредственное исследование степени полимерности каучука в глобулах различного размера, проведенное нами совместно с Гусевой, показало, что между размером глобул и характером заключенного в них каучука существует тесная связь. Объектом служил латекс кок-сагыза. Путем центрифугирования было получено шесть фракций, отличавшихся размерами глобул. После замены серума латекса дестиллированной водой и длительного диализа латекс, представлявший собой суспензию глобул в дестиллированной воде, коагулировался вымораживанием. Отжатый коагулюм высушивался в разреженной атмосфере азота в темноте. Молекулярный вес определялся вискозиметрическим методом (по Штаудингеру). Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Изменение молекулярного веса каучука в зависимости от размера глобул

Фракции латекса	Средний размер глобул: диаметр в микронах	Средний размер глобул: объем в куб. микронах	Молекулярный вес
Исходный латекс	1.18	0.857	160 000
1-я фракция	1.35	1.290	225 000
2-я »	1.27	1.035	175 000
3-я »	1.20	0.903	148 000
4-я »	1.08	0.652	150 000
5-я »	1.00	0.522	137 000
6-я »	0.83	0.305	

Как видно из табл. 4, молекулярный вес каучука увеличивается с ростом глобул, что хорошо согласуется как с данными, полученными Маштаковым для каучука корней кок-сагыза, так и с высказанными нами ранее предположениями. Как же совместить эти результаты с представлениями о том, что крупные глобулы есть продукт слияния нескольких более мелких? Нет никаких оснований предполагать, что соединение мелких глобул, содержащих относительно низкомолекулярный каучук, в одну крупную глобулу вызовет внезапное увеличение молекулярного веса каучука в этой последней.

ж) Прижизненное наблюдение за состоянием латекса в млечных трубках корневых каучуконосов (тау-сагыз, крым-сагыз, кок-сагыз) не обнаружило картин слияния отдельных глобул друг с другом. Подобные

[illegible] результаты были получены при микроскопическом исследовании латекса тотчас после его выделения из корней указанных растений.

Мы привели далеко не все возражения, которые можно было бы сделать против представления, выдвинутого рядом зарубежных исследователей. Однако и сказанного достаточно, чтобы решительно отвергнуть эту точку зрения, как противоречащую многочисленным фактам и не способную объяснить наблюдаемые явления.

Представления о том, что рост и изменение формы каучуковых глобул связаны с слиянием сферических частиц, являются, по нашему мнению, результатом методических погрешностей. Эти представления возникли из основания изучения латекса гевеи с помощью ультрафиолетового микроскопа и электронного микроскопа. Однако самая техника подобного исследования латекса связана с рядом обстоятельств, толкующих признаки к серьезным ошибкам. Так, например, для остановки броуновского движения глобул латекса Лукиом (Lucas, 1938, 1942) был использован раствор поваренной соли, который, как хорошо известно, обычно вызывает агломерацию глобул. В опытах Гендрикса с сотрудниками (Hendricks, Wildemann a. McMurdie, 1944) латекс предварительно выстаивался, что также не можно не повлиять на форму глобул. Если добавить к этому, что исследованию подвергался латекс, консервированный аммиаком (т. е. не свежесобранный), указанные соображения приобретают особенно убедительный характер[1].

Таким образом, представления о латексе как о жидкой суспензии ни в какой степени не соглашаются с теми закономерными превращениями, которые испытывают составные части латекса и в первую очередь его глобулярные образования. Характерный ход индивидуального развития глобулы с возрастом млечной трубки и место каучуконосного растения, специфичность формы и величины сформировавшихся глобул у различных видов растений заставляют рассматривать латекс как часть живой клеточной структуры. Совокупность накопленных данных дает основание предположить, что **в основе всех этих закономерных изменений глобул латекса лежит деятельность специального пластидного аппарата.** Существующие в настоящее время данные (Начапорович, 1937, 1944) показывают, что усиление фосфатного и особенно азотистого питания растений является мощным фактором, повышающим каучуконосность таких растений, как, например, кок-сагыз и гевея. Поскольку ни азот, ни фосфор не входят в молекулу каучука, подобный эффект может быть отнесен в первую очередь за счет усиления структурных образований, продуцирующих каучук. Не исключена возможность, что указанные организмы, являющиеся важнейшими составными частями протопласта клетки, определяют развитие пластидного аппарата млечных трубок, синтезирующего каучук.

ГИПОТЕЗА О ПЛАСТИДНОМ ПРОИСХОЖДЕНИИ КАУЧУКА

В свое время нами (Прокофьев, 1937) было высказано предположение, что образование каучука в млечных трубках связано с деятельностью пластидного аппарата. Эта гипотеза была поддержана Боссе (1940), который, однако, не привел каких-либо новых доказательств в пользу этого предположения. В последующих работах (Прокофьев, 1946, 1948) были приведены материалы, подтверждающие с нашей точки зрения выдвинутую гипотезу. Было указано, что закономерные изменения формы глобул ряда каучуконосов, определенный характер роста глобул в процессе развития млечной системы наиболее правдо-

[1] См. также Hauser, 1936.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

подобно объясняются с позиции пластидного происхождения каучука. Далее была отмечена прочная связь белковых компонентов латекса с каучуком, что также наводило на мысль о наличии на глобулах организованной белково-липоидной стромы. Наконец, самый характер коагуляции латекса под влиянием различных веществ весьма напоминает коагуляцию коллоидных растворов белка.

Специальные микрохимические исследования латексов различных каучуконосов показали наличие на поверхности глобул белкового слоя (Weber, 1904; Прокофьев, 1939; Блохинцева, 1939, 1944).

Все эти материалы не оставляли сомнения, что каучуковые глобулы латексов действительно несут на своей поверхности белковый слой. Разногласия между исследователями заключаются таким образом не в том, имеет или нет глобула белковыми заключается таким образом не собой этот слой. Зарубежные исследователи, начиная с Вебера (Weber, 1904), Гаузера и др., рассматривают скопление белковых веществ на поверхности глобул как результат абсорбции, степень которой определяется лишь поверхностной активностью глобул.

С нашей точки зрения внешний слой глобул является пластидной стромой, синтезирующей каучук. Превращение роста глобул по достижении определенного размера может быть объяснено тем, что растягиваемая откладываемым внутрь каучуком строма в известный момент разрывается. В результате этого строма в известный момент разрывается. В результате этого строма, как организованный пластидный аппарат, погибает и синтез каучука (а в связи с этим и рост глобулы) прекращается. Проведенные нами наблюдения показывают, что наименее устойчивыми являются именно наблюдения показывают, случаях частичной коагуляции латекса в первую очередь коагулируют крупные глобулы. Это может стоять в связи с нарушением целостности пластидной стромы у глобул, достигших предельной величины, чем и ослабляется защитное действие белково-липоидного слоя. Наши представления об участии пластид в синтезе каучука хорошо согласуются с современными представлениями о роли пластидного аппарата в обмене клетки. Многочисленные исследователи рассматривают формные образования плазмы (пластиды, хондриосомы) как центры синтетической деятельности клетки. Так, например, Вильсон (1936) характеризует пластиды как «определенные участки клетки, в которых совершаются специфические химические процессы, приводящие к образованию специальных веществ».

Работами отечественных биохимиков (главным образом Сисакяна с сотрудниками, 1948) было показано, что пластиды различных растений обладают достаточно обширным набором ферментных систем, позволяющих осуществлять многие синтезы. Участие пластид и хондриосом в синтезе различных углеводов, жиров и белков едва ли вызывает сомнения. Что же касается синтеза терпенов, то уже самый факт существования хромопластов подтверждает возможность образования пластидами изопреновых производных и, в частности, каротиноидов. Разнообразные формы и размер каучуковых глобул весьма напоминают подобные же различия в крахмальных зернах разных растений. На примере крахмальных зерен можно видеть, что далеко не всегда пластиды обеспечивают равномерное отложение образуемого ими продукта. Достаточно вспомнить, например, яйцевидную форму крахмальных зерен клубней картофеля, своеобразные крахмальные зерна многих бобовых, млечного сока молочайных и т. д.

Вместе с тем размер и формы крахмальных зерен являются признаком, весьма характерным для определенного вида растений. Данная аналогия между крахмальными зернами и каучуковыми глобулами не является доказательством пластидного происхождения каучука, однако она помогает понять, почему каждому виду каучуконосов присущ тот или иной облик глобул.

В последнее время при исследовании латексов гевеи и кок-сагыза получены новые факты, также подкрепляющие гипотезу пластидного образования каучука.

Указанные данные были получены из основания исследования состава различных фракций латекса, отличающихся друг от друга величиной каучуковых глобул.

Центрифугируя латекс гевеи, Хесселс (Hesselds, 1946) получил девять фракций, из которых первая имела самые крупные глобулы и девятая — самые мелкие. Анализ коагулюмов этих фракций дал следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5

Состав различных фракций латекса гевеи

(по Hesselds, 1946)

Состав в %	Фракции				
	1-я	3-я	7-я	8-я + 9-я	Целый латекс
Азот	0,64	0,67	0,72	0,81	0,90
Зола	0,65	0,54	0,50	0,52	0,55
Водный экстракт	0,50	1,00	1,20	2,70	0,60
Ацетоновый экстракт	1,00	2,10	3,90	4,30	1,70
Общее количество инкрустирующих веществ *	2,30	3,70	5,20	7,20	3,20

* Азот принимается за азот белковых веществ

Как видно из таблицы, по мере уменьшения размера глобул увеличивается содержание в них инкрустирующих компонентов. Автор исследований Хесселс объясняет это различие между фракциями увеличением

Рис. 1. Схема развития глобулы латекса или сальника

А — стрела пластиды; *Б* — полиэнергидный каучук. Длина прямоугольных линий отображает длину молекул каучука, центральная часть глобулы содержит минеральный каучук

суммарной поверхности у более мелких глобул. Однако результаты могут быть истолкованы и с позиций пластидной гипотезы. Действительно, если каучуковая глобула образуется пластидой, то по мере роста глобулы за счет накопления каучука, соотношение между каучуком и веществами, образующими пластидную строму, могло бы меняться в пользу каучука, согласно схеме рис. 1.

К сожалению, методика, примененная Хесселсом для исследования состава глобул, не включала загрязнения последних не каучуковыми и

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

компонентами серума. Поэтому остается невыясненным, каков же истинный состав глобул латекса гевеи. Учитывая это, мы в своей работе, проведенной с Гусевой, пошли следующим путем. Латекс кок-сагыза центрифугировался на центрифуге с числом оборотов 2400. Полученная при центрифугировании паста отделялась и энергичным взбалтыванием в дестиллированной воде вновь превращалась в латекс. Латекс повторно центрифурировался, и выделявшаяся паста опять превращалась в латекс, который подвергался затем диализу против воды. В результате таких операций латекс представлял взвесь глобул в дестиллированной воде, т. е. в нем сохранилась только глобулярная фаза. Коагулюм, полученный из такого латекса вымораживанием, подвергался высушиванию в разреженной атмосфере азота.

Таблица 6

Состав каучуковых глобул латекса кок-сагыза

Вещества	% на абсолютно сухой вес коагулюма
Азотистых веществ (в пересчете на белок)	1,49
Золы	0,66
Ацетонового экстракта	10,40
Каучук (по разности)	87,45

Анализ такого коагулюма дал следующие результаты (табл. 6).

Как видно из таблицы, даже тщательно очищенные глобулы содержат белок, вещества, переходящие в ацетон (липоиды?), и зольные элементы. Интересно отметить, что в золе глобул обнаруживается железо, являющееся компонентом важных ферментных систем.

Косвенным подтверждением пластидного характера наружного слоя глобул является закономерное изменение зольности этого слоя с ростом глобул. Нашими исследованиями очищенных глобул латекса кок-сагыза было установлено, что крупные глобулы имеют большую зольность, чем мелкие. Так, например, содержание золы (в %), выражалось:

у крупных глобул — 0,746
средних » — 0,475
мелких » — 0,274

Подобная же закономерность отмечается и у других пластид и продуктов пластидного происхождения. Изучая качество крахмала картофеля с возрастом растения, Останин (1940) приходит к выводу, что по мере созревания клубня параллельно с ростом крахмальных зерен увеличивается и их зольность. В случае сорта «Народный», в период с 1 августа по 1-е октября зольность крахмала увеличилась в 2 раза. Такое же явление отмечено автором и для других сортов.

По данным Осиповой, зольность хлоропластов фасоли также стоит в связи с их возрастом. В то время, как например, хлоропласты, полученные из молодых листьев (июнь), содержали 4,66—4,85% золы, хлоропласты из старых листьев (сентябрь), имели 7,35—8,92% золы.

Эти данные, свидетельствуя об одинаковом характере изменений, происходящих в таких пластидах, как лейкопласты картофеля, хлоропласты фасоли и глобулы латекса кок-сагыза, дают основания полагать, что в основе изменений зольности стромы глобул лежит их пластидная природа.

К сожалению, наши работы только начаты, а других подобных исследований состава собственно глобул еще не проводилось, несмотря на весьма детальные анализы латексов (например, латекса гевеи). Поэтому о составе глобул приходится судить пока на основании данных, характеризующих латекс в целом. Наиболее подробно изучен состав латекса гевеи. На основании полученных материалов (см., например, сводку Боннера и Гальстона, Bonner a. Galston, 1947, стр. 552—554) можно сделать вывод, что в латексе помимо каучука присутствуют белки, дающие при гидролизе весьма разнообразные аминокислоты.

Кроме белков, обнаружены в малом количестве различные свободные аминокислоты. Точно так же отмечено наличие лецитина, в состав которого входит ряд насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Анализ показывает, что в латексе содержатся незначительные количества свободных стеринов, смоляных кислот и восков. Более богат латекс редуцирующими сахарами и метилинозитом.

Эти далеко неполные и относящиеся к латексу данные дают основание предполагать, что все основные продукты, характерные для живой протоплазмы, присутствуют в глобулах латекса.

Изучение изменений состава латекса в процессе роста и развития растений (Прокофьев, 1947) показало, что с возрастом, например, у корневых каучуконосов увеличивается сухой остаток латекса. Это увеличение сухого остатка в основном определяется накоплением каучука. В связи с этим относительное количество веществ, не извлекаемых хлороформом и ацетоном, падает. Таким образом, наблюдается обратная корреляция между содержанием каучука и веществами, не растворимыми в ацетоне и хлороформе. Подобная же зависимость была отмечена Стюартом и Хаммером (Stewart a. Hummer, 1945, 1947) для латексов гевеи и кредостегии. По мнению указанных авторов, наличие обратной корреляции между этими продуктами дает основание предполагать, что вещества, содержащиеся в нерастворимом остатке, могут играть роль предшественников каучука. Однако нам представляется более правдоподобным предположение, что обратная корреляция в данном случае обусловлена различными темпами накопления веществ. Как будет показано ниже, например, накопление каучука и низкомолекулярных терпенов у шалюды также находится в обратной корреляции. Однако это находит вполне правдоподобное объяснение в том, что оба эти антагонистические вещества образуются из одного общего предшественника и усиление синтеза одного продукта тормозит образование другого. Поскольку направление процесса может меняться с возрастом растения, мы вправе ожидать, что усиленный синтез каучука будет понижать относительное количество любых других компонентов латекса. Это положение подтверждается многочисленными фактами. Совокупность разобранного материала дает нам основание считать, что в данный момент гипотеза пластидного происхождения каучука дает наилучшее объяснение установленным фактам и закономерностям.

ОБРАЗОВАНИЕ КАУЧУКА И ФОТОСИНТЕЗ

В свое время мы (Прокофьев, 1937, 1939) подвергли критическому разбору представления ряда авторов, предполагавших, что каучук возникает непосредственно в процессе фотосинтеза. На основе экспериментального материала и ряда соображений эта точка зрения была нами отвергнута. Было показано, что образование каучука является темновой реакцией, не связанной непосредственно с фотосинтезом. Исходя из этого, можно было предполагать, что в процессе послеуборочного хранения живых растений возможно последующее образование каучука за счет перестройки накопленных ассимилятов. Уже через несколько лет это положение было впервые подтверждено Нейманом и Добровольской (1940), изучавшими изменения, происходящие в корнях кок-сагыза при хранении их в буртах. Указанные авторы установили, что даже в выкопанных, лишенных света корнях растений синтез каучука продолжается, причем повышение абсолютного количества каучука может достигать значительной величины.

Ряд опытов с хранением живых корней кок-сагыза и крыи-сагыза в различных условиях водного и газового режима показали, что при этом происходит обогащение корней каучуком. Так, например, в опытах Соболевской (1944) в корнях кок-сагыза, хранившихся 5 суток в

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

условиях затрудненного газообмена, произошло увеличение количества каучука на 10—45% по сравнению с исходным содержанием каучука в корнях. Увеличение каучуконосности корней кок-сагыза примерно в таких же пределах установил и Беликов (1944), подвергая корни умеренному подвяливанию. Указанный автор отмечает, что степень послеуборочного синтеза каучука в корнях кок-сагыза и крым-сагыза зависит как от условий хранения, так и от состояния растений в момент их уборки с плантации. На послеуборочное образование каучука в корнях кок-сагыза и крым-сагыза оказывает благоприятное действие некоторое подвяливание корней, выдерживание их в условиях затрудненного газообмена, а также частичное опоражнивание млечной системы путем подсочки. По данным Беликова и Липман (1945), наибольшей способностью к образованию каучука при подвяливании обладают корни растений, находящихся в периоде интенсивного роста. Корни растений, вегетирующих менее энергично (летний покой, уход в зимовку), дают при подвяливании меньшую прибавку каучука (табл. 7).

Таблица 7

Послеуборочное образование каучука в корнях крым-сагыза 2-го года при подвяливании в зависимости от возраста (Беликов и Липман, 1945)

Время проведения опыта	Вариант	Вес корней в пробе в г: до опыта	Вес корней в пробе в г: в конце	Вес каучука в г	Прибавка каучука в контроле в %
8—16.VI	Контроль	200	—	1,47	—
	Подвяливание	200	170	2,16	+47
8—16.VIII	Контроль	200	—	2,09	—
	Подвяливание	200	169	2,56	+22
6—18.X	Контроль	300	—	3,49	—
	Подвяливание	300	256	3,96	+12

Как видно из табл. 7, корни, взятые в период интенсивного роста растений, за 8 суток хранения прибавили 47% каучука к исходному количеству последнего.

Таким образом, все материалы убедительно свидетельствуют о том, что образование каучука не связано непосредственно с фотосинтезом. В настоящее время на разрешение выдвигается другая задача, логически вытекающая из этого положения,— в какой мере установленная закономерность может быть использована для послеуборочного обогащения каучуком каучуконосного сырья.

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ И РОДСТВЕННИКИ КАУЧУКА

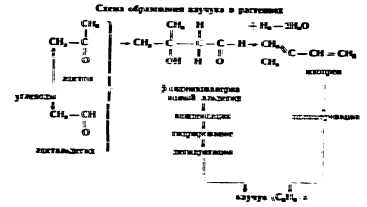
Вопрос о непосредственных предшественниках каучука остается открытым. В свое время было показано (Прокофьев, 1944), что образование каучука в корнях тау-сагыза происходит и в том случае, когда растение получает в качестве единственного источника углерода глюкозу или сахарозу. Представление об углеводах как исходном материале для синтеза каучука в растениях поддерживается большинством исследователей (Беликов и Липман, 1945; Беликов с сотр., 1946, 1947; Соболевская, 1944; Маштаков, Мазанко и др.). Гипотетически представляется возможным, что возникающие в процессе распада углеводов ацетон, пировиноградная кислота и ацетальдегид могут путем конденсации гидрирования и дегидратации давать изопреновый скелет. Схема подоб-

ных превращений, приводящих к синтезу различных терпенов, была дана Кремерсом (Kremers, 1922), Ашаном (Aschan, 1929), Прокофьевым (1939, 1948). При этом возможны следующие пути:

1) Образование терпенов, и в частности каучука, идет через изопрен, который и может в этом случае рассматриваться как непосредственный предшественник каучука.

2) Молекулы терпенов (каучука) образуются в результате конденсаций окисленных соединений, причем реакции восстановления (гидрирование и дегидратация) являются заключительным этапом процесса. В этом случае, несмотря на то, что в основе образовавшегося терпена лежит изопреновый (вернее, изопентеновый) скелет, сам изопрен как таковой в реакции не участвует. Оба гипотетических варианта представлены на следующей схеме:

Схема образования каучука в растениях



По какому пути синтезируется каучук, покажут будущие исследования. Некоторые косвенные данные и соображения делают более вероятной левую ветвь этой гипотетической схемы.

Вопрос о характере родственных отношений между различными терпенами представляет большой интерес, поскольку некоторыми исследователями было высказано предположение, что низкомолекулярные терпены («смолы») являются предшественниками каучука (Борисов и Любимченко, 1936). Анализ накопленного материала показывает, что между каучуком и продуктами, растворимыми в ацетоне (куда переходят и различные низкомолекулярные терпены), существует обратная корреляция. Молодые органы и ткани растений богаче продуктами, извлекаемыми ацетоном, и беднее каучуком, чем взрослые органы и ткани того же растения.

Это положение было достаточно подробно иллюстрировано нами ранее на примере кок-сагыза, ваточника и гваюлы (Прокофьев, 1939, 1948). Поэтому здесь мы считаем возможным привести только несколько примеров, подтверждающих наличие подобной зависимости.

Изучая состав сухого остатка латекса криптостегии, группа американских исследователей (Wildman, Abegg, Elder a. Hendricks, 1946) установила следующее изменение количества каучука и ацетонового экстракта (табл. 8).

Как видно из табл. 8, сумма каучука и ацетонового экстракта составляет 75—82% сухого остатка латекса. В латексе молодых органов преобладают вещества, извлекаемые ацетоном, в латексе старых — каучук.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Таблица 8

Различие в качестве сухого остатка латекса из различных частей надземных органов отдельных растений *Cryptostegia madagascariensis* (Waldman et al., 1946)

Номер опыта	Часть растительного образца	Сухой остаток в %	Прочность	
			вулканизата по отношению к контрольному образцу	каучука
1	Ствол	65	5,1	68,5
2	Крупные ветви	40	7,4	69,7
3	Ветви среднего порядка	24	10,0	72,7
4	» » »	15	23,5	54,2
5	Мелкие ветви	10	61,1	14,2
6	Молодые побеги	3—4	72,8	1,6

Подобная закономерность была подтверждена Куртисом для гаэлолы (табл. 9).

Таблица 9

Относительное содержание каучука и смолы в надземных органах 9-летней гаэлолы (по Curtis, 1947)*

Побеги, образованные растением	% на сухой вес	
	каучука	смолы
за 1-м году жизни	15,86	6,71
» 2-м » »	15,55	6,84
» 3-м и 4-м году жизни	[illegible]	[illegible]
» 5-м » 6-м » »	14,90	[illegible]
» 7-м » 8-м » »	13,54	9,21
» 9-м году жизни	9,88	10,68

* Данные заимствованы из табл. V оригинала.

Как видно из табл. 9, с возрастом падает смолистость и растет каучуконосность органов гаэлолы.

Совокупность материалов по этому вопросу делает бесспорным положение, что соотношение каучук : «смола» с возрастом меняется в пользу каучука. В чем же причина указанных закономерных изменений? Как было отмечено выше, существует точка зрения, согласно которой смола (в широком смысле этого слова) является предшественником каучука. С этих позиций уменьшение относительного содержания смолы рассматривается как свидетельство превращения ее в каучук. Однако подобное заключение может быть сделано только на основе очень поверхностного анализа данного явления.

Прежде всего нет никаких оснований считать весь весьма пестрый комплекс веществ, извлекаемых ацетоном, предшественником каучука. Несмотря на то, что для большинства каучуконосов состав ацетоновой вытяжки изучен весьма недостаточно, все же следует отметить, что среди веществ, экстрагируемых ацетоном, далеко не все относятся к терпенам. Это справедливо не только в отношении гевеи или кок-сагыза, но также и для растений, накапливающих каучук в паренхимных тканях. Поэтому для выяснения родственных отношений между каучуком и низкомолекулярными терпенами следует выбирать также растения, для которых характерно одновременное наличие различных представителей класса терпенов. С нашей точки зрения, очень удобным

объектом для решения указанного вопроса является гаэлола. Как было сказано несколько лет назад (Прокофьев, 1938), наряду с каучуком гаэлола содержит бициклический терпеновый углеводород α-пинен, различные другие монотерпены, сесквитерпены и ряд окисленных производных спиртового характера. Эти данные были подтверждены последующими работами американских исследователей. Так, например, Гаген-Смит и Сау (Haagen-Smit a. Sah, 1944), исследуя эфирное масло из листьев гаэлолы, нашли, что оно состоит из следующих веществ (табл. 10).

Таблица 10

Состав эфирного масла листьев гаэлолы в % (Haagen-Smit a. Sah, 1944)

α-пинен	60
β-пинен	2
Лимонен	9
Кадинен	8
Другие терпены	6
Эвгенилизобутиловый сесквитерпеновый спирт	4
Фенхилхинон	4
Сесквитерпены с двумя двойными связями	3
Гайяванилобутиловый сесквитерпен	2
Терпеновый ветвин	2

По данным Вальтера (Walter, 1944), смола гаэлолы содержит пиретилгаэлинат — сложный эфир сесквитерпенового спирта пиретанола ($C_{15}H_{25}O$) и коричной кислоты.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что перечисленные растения гаэлолы синтезируют наряду с каучуком моно- и сесквитерпены. Все они удовлетворяют элементарной формуле C_5H_8 и, таким образом, состоят из изопентеновых группировок, характерных и для молекулы каучука. Каково же взаимоотношение этих мономолекулярных терпенов и высокополимерного углеводорода — каучука?

В свое время было высказано предположение, что образование терпенов, составляющих эфирное масло и смолу гаэлолы, находится в антагонистическом отношении к синтезу каучука (Прокофьев, 1939). Основанием к такому предположению являлись наблюдения, что в условиях обильного водоснабжения растений гаэлолы последние накапливают значительные количества эфирного масла и относительно мало каучука. Наоборот, старение растения и водный дефицит усиливают синтез каучука и ослабляют образование эфирного масла (табл. 11).

Как видно из табл. 11, состояние растений определяет характер получающегося продукта. Объяснение подобной связи мы находим в предположении, что различные терпены образуются из одного материнского вещества. В зависимости от условий ферментативный аппарат клетки образует или низкомолекулярные терпены или высокополимерный каучук. Возможность перехода низкомолекулярных терпенов в каучук представляется нам маловероятной, так как трудно представить себе превращение циклических терпенов в нитевидную молекулу каучука (подробно см. Прокофьев, 1948). Предположение о независимом образовании различных терпенов из одного материнского вещества хорошо согласуется с фактическим материалом и в частности, например, с результатами исследования латекса различных видов кринитостемы и их гибридов.

Как было показано Гендриксом и Вальдманом (Hendricks a. Waldman, 1946), латекс молодых органов *Cryptostegia madagascariensis* содержит значительное количество тритерпенового спирта лупеола ($C_{30}H_{49}OH$) и лишь следы каучука. В дальнейшем (см. табл. 8) по мере роста растений каучуконосность увеличивается и относительное содер-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Таблица 8

Различие в качестве сухого остатка латекса из различных частей надземных органов отдельных растений Cryptostegia madagascariensis (Wildman et al., 1946)

Номер пробы	Часть растительного образца	Прочее		
		Средний вес в мг	Выход в %	Каучук в %
1	Ствол			
2	Крупные ветви	65	8,1	68,5
3	Ветви среднего порядка	40	7,4	69,7
4	» » »	24	10,0	72,7
5	Мелкие ветви	15	23,5	54,2
6	Молодые побеги	10	61,1	14,2
		3—4	72,8	1,6

Подобная закономерность была подтверждена Куртисом для гваюлы (табл. 9).

Таблица 9

Относительное содержание каучука и смол в надземных органах 9-летней гваюлы (по Curtis, 1947)*

Побеги, образованные растением	% на сухой вес	
	каучука	смол
на 1-м году жизни	15,86	6,73
» 2-м » »	13,55	6,84
» 3-м и 4-м году жизни	[illegible]	[illegible]
» 5-м » 6-м » »	[illegible]	[illegible]
» 7-м » 8-м » »	14,90	[illegible]
» 9-м году жизни	13,54	9,21
	9,88	10,66

* Данные заимствованы из табл. V оригинала.

Как видно из табл. 9, с возрастом падает смолистость и растет каучуконосность органов гваюлы.

Совокупность материалов по этому вопросу делает бесспорным положение, что соотношение каучук : «смола» с возрастом меняется в пользу каучука. В чем же причина указанных закономерных изменений? Как было отмечено выше, существует точка зрения, согласно которой смола (в широком смысле этого слова) является предшественником каучука. С этих позиций уменьшение относительного содержания смолы рассматривается как свидетельство превращения ее в каучук. Однако подобное заключение может быть сделано только на основе очень поверхностного анализа данного явления.

Прежде всего нет никаких оснований считать весь весьма пестрый комплекс веществ, извлекаемых ацетоном, предшественником каучука. Несмотря на то, что для большинства каучуконосов состав ацетоновой вытяжки изучен весьма недостаточно, все же следует отметить, что среди веществ, экстрагируемых ацетоном, далеко не все относятся к терпенам. Это справедливо не только в отношении гевеи или кок-сагыза, но также и для растений, извлекающих каучук в паренхимных тканях. Поэтому для выяснения родственных отношений между каучуком и низкомолекулярными терпенами следует выбирать такие растения, для которых характерно одновременное наличие различных представителей класса терпенов. С нашей точки зрения, очень удобным

объектом для решения указанного вопроса является гваюла. Как было показано несколько лет назад (Прокофьев, 1938), наряду с каучуком гваюла содержит бициклический терпеновый углеводород α-пинен, различные другие монотерпены, сесквитерпены и ряд окисленных производных спиртового характера. Эти данные были подтверждены последующими работами американских исследователей. Так, например, Гаген-Смит и Сау (Haagen-Smit a. Sau, 1944), исследуя эфирное масло из листьев гваюлы, нашли, что оно состоит из следующих веществ (табл. 10).

Таблица 10

Состав эфирного масла листьев гваюлы в % (Haagen-Smit a. Sau, 1944)

α-пинен	60
β-пинен	3
Лимонен	9
Другие терпены	8
Насыщенный сесквитерпеновый спирт	6
Фелландрол	4
Сесквитерпены с ненасыщенным кислородом	4
Гайяцилен	3
Терпеновый ацетон	2
	2

По данным Вальтера (Walter, 1944), смола гваюлы содержит нортеиол-пинилэфир — сложный эфир сесквитерпенового спирта нортеиола ($C_{15}H_{25}O$) и коричной кислоты.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что паренхимные ткани гваюлы синтезируют наряду с каучуком моно- и сесквитерпены. Все они удовлетворяют элементарной формуле C_5H_8 и, таким образом, состоят из изопренгенных группировок, характерных и для молекулы каучука. Близко же взаимодействование этих высокомолекулярных терпенов и высокополимерного углеводорода — каучука?

В свое время было высказано предположение, что образование терпенов, составляющих эфирное масло и смолу гваюлы, находится в антагонистическом отношении к синтезу каучука (Прокофьев, 1939). Основанием к такому предположению явилось наблюдение, что в зеленых обильного водоснабжения растений гваюлы последние накапливают значительные количества эфирного масла и относительно мало каучука. Наоборот, старение растения и водный дефицит усиливают синтез каучука и ослабляют образование эфирного масла (табл. 11).

Как видно из табл. 11, состояние растений определяет характер получающегося продукта. Объяснение подобной связи мы находим в предположении, что различные терпены образуются из одного материнского вещества. В зависимости от условий ферментативный аппарат клетки образует или низкомолекулярные терпены или высокополимерный каучук. Возможность перехода низкомолекулярных терпенов в каучук представляется нам маловероятной, так как трудно представить обратное превращение циклических терпенов в нитевидную молекулу каучука. Подробно см. Прокофьев, 1948). Предположение о независимом образовании различных терпенов из одного материнского вещества хорошо согласуется с фактическим материалом и в частности, например, с результатами исследования латекса различных видов криптостегии и их гибридов.

Как было показано Гендриксом и Вильдманом (Hendricks a. Wildman, 1946), латекс молодых органов Cryptostegia madagascariensis содержит значительное количество тритерпенового спирта лупеола ($C_{30}H_{49}OH$) и лишь следы каучука. В дальнейшем (см. табл. 8) по мере роста растений каучуконосность увеличивается и относительное содер-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

жание лупеола падает. Исследование гибридов между Cryptostegia grandiflora и C. madagascariensis, проведенное Вальдманом и др. (Wildman, Abegg, Elder a. Hendricks, 1946), показало, что гибриды полу-

Таблица 11

Темпы накопления каучука и эфирного масла гваюлой в различные периоды вегетации (Прокофьев, 1939)

Период вегетации	Среднесуточное накопление в мг			Соотношение каучук/эфирное масло
	абсолютно сухого вещества	каучука	эфирного масла	
Бутонизация — плодоношение (22.V—3.VIII.1937)	403	5,6	3,6	$\frac{1}{0,64}$
Период покоя (25.IX.1937—25.I.1938) . . .	104	12,7	1,1	$\frac{1}{0,09}$

чают от родителей оба признака, но с преобладанием синтеза каучука. По мнению Боннера и Гальстона (Bonner a. Galston, 1947), «этот результат ясно показывает, что оба терпена полимеризуются из общего предшественника и что при наличии определенных энзимов, возникающих в силу наследственных особенностей, этот предшественник переходит в каучук, в то время как в отсутствие указанного энзима, но при наличии других, возникает триterpeн».

Таким образом, указанные авторы предполагают, что тот или иной терпен возникает при посредстве специального энзима. Однако в такой же мере правдоподобно предположение, что линейная или циклическая конденсация может катализироваться одним ферментом. То или иное направление реакции определяется состоянием клетки и растения в целом. Так, например, молодые двухмесячные растения гваюлы совершенно лишены каучука, но содержат смолу и эфирное масло, т. е. низкомолекулярные терпены. В дальнейшем, по мере роста и развития растения, появляется каучук, образование которого в старых тканях идет в нарастающем темпе, в то время как синтез низкомолекулярных терпенов затухает. Подобная закономерность — усиление образования каучука с возрастом — характерна для всех каучуконосов (см., например, Ничипорович и Буровая, 1938, 1939), что подчеркивает исключительное значение состояния растения как фактора, определяющего путь синтеза и природу конечного продукта.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ КАУЧУКА ДЛЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Вопрос о том, может ли каучук вовлекаться в обмен веществ образовавшим его растением, до последнего времени являлся предметом больших споров. По мнению Спенса и Мак Каллума (Spence and McCallum, 1935), в период усиленных ростовых процессов или при углеродном голодании гваюлы каучук в этом растении способен мобилизоваться. Представления Спенса были поддержаны Мазанко (1939) на основании опытов с голоданием растений тау-сагыза. Однако, в противовес данным Спенса и Мазанко, опыты других исследований (Лебедева, 1936; Кузьмин, 1936; Вельтищева, 1936; Маштаков, 1945, 1948; Прокофьев, 1940) не обнаружили расходования каучука ни при усиленных ростовых процессах, ни при углеродном голодании. Подробно состояние вопроса, с описанием различных опытов и их результатов было разобрано нами ранее (Прокофьев, 1948). Здесь мы хотели привести только некоторый дополнительный материал, полученный различными

исследователями в последние годы, и подвести итоги данной дискуссии. Последнее необходимо ввиду исключительного значения этого вопроса для производства натурального каучука. Действительно, целый ряд моментов возделывания, уборки и переработки каучуконосов определяется в значительной степени тем, способен ли каучук вовлекаться в обмен веществ растения или нет. В связи с этим как у нас, так и за рубежом появился ряд работ, имеющих целью решение данного вопроса.

Большой и убедительный материал был получен советскими исследователями, изучавшими послеуборочное накопление каучука в корнях кок-сагыза и крым-сагыза (см. выше). Все они отмечают, что в процессе хранения живых корней наблюдается весьма значительное образование каучука. Таким образом, прекращение фотосинтеза не только не сопровождается распадом и утилизацией каучука, но, наоборот, ведет к повышению каучуконосности корней кок-сагыза и крым-сагыза. Многочисленные данные, подтверждающие наши представления о каучуке как конечном продукте обмена, были получены также и зарубежными исследователями. Так, например, Мак Гавак и Фолис (McGavack a. Faulks, 1945), изучая каучуконосность растений кронгостегии в различных условиях углеродного питания, пришли к выводу, что количество каучука в растениях, лишенных углекислоты в течение двух недель, имеет тенденцию к повышению по сравнению с контролем.

Однако авторы справедливо считают эти результаты только предварительными, так как малое количество растений в опыте и недостаточно совершенная методика определения каучука не дают полной уверенности в надежности полученных данных. В силу этого они поставили серию опытов с голоданием корней кок-сагыза. В каждую пробу отбиралось 200 корней с таким расчетом, чтобы пробы имели одинаковый исходный вес. Одна часть корней фиксировалась в момент постановки опыта, другие корни высаживались в горшки с песком и оставлялись на определенное время в полной темноте. К концу опыта большая часть корней дала розетки, и 67% корней заплесневели. После фиксации и сушки корни, находившиеся долгое время в темноте, имели рыхлую, губчатую структуру, что свидетельствовало об исчезновении значительного количества запасов. Из высушенных и размолотых образцов анализировалось по 12 четырехграммовых навесок. Каучук и смолы учитывались извлечением толуолом (72 часа) и ацетоном (72 часа). Результаты представлены в табл. 12.

Таблица 12

Опыты с голоданием корней кок-сагыза (McGavack a. Faulks, 1945)

Группа	Хранение в днях	Средний вес в момент постановки опыта 200 корней в г	Сухой вес 200 корней в г	Вес азотов, вытяжки, полученного из 200 корней в г	Вес каучука (отдельного вытяжки), полученного из 200 корней в г
1	0	2020	297	14,7	19,75
2	29	2020	339	16,6	22,00
3	57	2020	338	31,6	23,90
4	72	2020	316	27,6	22,70

Как видно из таблицы, даже 72-суточное пребывание растений в темноте, вызвавшее резкое уменьшение сухого веса корней, не привело к мобилизации запасов каучука. Наоборот, во всех случаях имело место увеличение количества каучука на 11—15—21% по сравнению с исходным. Как отмечают авторы, «каучук, полученный из корней каждой группы, был очень упругим и эластичным». Таким образом, каких-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

либо признаков деполимеризации каучука, которая, вероятно, имела бы место в случае мобилизации каучука, не было обнаружено. Обращает внимание значительное увеличение ацетонового экстракта в голодавших корнях. Последнее могло быть связано с переходом в ацетон сахаров, образовавшихся в результате гидролиза инулина. Кроме того, не исключена возможность распада некоторого количества каучука под влиянием плесневых грибов, развитие которых на длительно (57 и 72 суток) голодавших корнях было отмечено выше. В связи с этим возможно, что прибавка каучука в корнях, не затронутых плесневыми грибами, еще более значительна.

Весьма интересны опыты Трауба с гваюлой. Результаты этих обстоятельных исследований Трауба (Traub, 1946) особенно примечательны, так как именно гваюла и была тем объектом, на основании изучения которого и были обоснованы Спенсом, Ллойдом и др. представления о каучуке как запасном продукте.

В опытах Трауба участвовало 1500 экземпляров гваюлы, отобранные из более чем 20 000 растений. Каждая повторность состояла из 15 растений. Корни всех растений были выравнены на длину 6 дюймов. Вариант включал в себя 10 поверхностей. Опыт заключался в следующем. Растения гваюлы в возрасте 16 месяцев были высажены в горшки с крупным песком. Растения получали необходимые минеральные соли, включая и микроэлементы. Опыт состоял из трех вариантов:

1-й вариант — листья не обрывались.
2-й » — листья обрывались в начале опыта
3-й » — листья удалялись систематически.

Продолжительность опыта 2—4 месяца.

В начале и конце опыта в различных органах растений определялся каучук, смолы и углеводы (по фракциям). Полученные данные подвергались статистическому анализу. Не имея возможности приводить весь многочисленный цифровой материал, характеризующий изменение в составе растений в связи с голоданием, ограничимся некоторыми основными данными, сведенными в табл. 13. Эта таблица составлена нами

Таблица 13

Содержание каучука в осевых органах гваюлы в связи с частичным и полным голоданием (по Traub, 1946)

Анализ	Вес в г на повторность (15 растений)					
	1-й вариант — листья не обрывались		2-й вариант — листья обрывались один раз		3-й вариант — листья обрывались систематически	
	каучук	углеводы	каучук	углеводы	каучук	углеводы
В момент постановки опыта	4,65	22,09	4,55	21,48	4,53	22,09
В конце опыта	6,05	7,03	6,21	5,75	6,10	1,43

на основе цифровых данных Трауба. Сам автор дает эти материалы в серии весьма подробных таблиц, приведение которых здесь не представляется возможным.

Как видно из табл. 13, у всех пересаженных растений резко уменьшилось количество углеводов. У растений, листья которых удалялись в течение всего опыта, осталось примерно лишь 6,5% исходного количества углеводов. Эти данные свидетельствуют о резком углеродном

голодании гваюлы. Таким образом, налицо были все предпосылки для вовлечения каучука в обмен веществ. Однако данные по содержанию каучука в растениях всех вариантов свидетельствуют, что и в этих условиях каучук не мобилизуется. Прибавка каучука на 30—36% по сравнению с исходным количеством не оставляет сомнения в том, что даже жесткое углеродное голодание растений не в состоянии обеспечить мобилизацию каучука. Косвенным показателем отсутствия утилизации каучука является уменьшение количества веществ, извлекаемых ацетоном. Как показывают кривые, приводимые Траубом в его работе, содержание ацетонового экстракта падает в процессе голодания растений. Между тем в случае включения каучука в обмен последний безусловно должен был бы испытывать предварительно деструктивный окислительный распад с образованием продуктов, растворимых в ацетоне.

На основании полученных результатов Трауб приходит к выводу, что «каучук, повидимому, не несет функцию запасного вещества в гваюле». Таким образом, тщательно проведенное исследование Трауба полностью согласуется с нашими данными по гваюле, полученными еще в 1938 г. (Прокофьев, 1939, 1940).

Данные по расходованию каучука в процессе голодания гваюлы (Spence a. McCallum) и тау-сагыза (Маханко) основаны, повидимому, на каких-то методических ошибках. Наиболее вероятным является, с нашей точки зрения, предположение, что в опытах указанных исследователей имело место отмирание отдельных частей растения и связанное с этим разрушение каучука. В свое время неоднократно отмечалось исчезновение каучука в корнях кок-сагыза, пораженных плесенью (Нейман и Добровольская, 1940). Достаточно хорошо известен был также факт осмоления каучука в сырье гваюлы в процессе хранения последнего. Изучение распределения каучука в гваюле, проведенное Куртисом (Curtis, 1947), подтвердило уменьшение каучуконосности отмерших стеблей гваюлы (табл. 14).

Таблица 14

Каучуконосность и смолистость отмерших стеблей гваюлы (по Curtis, 1947)

Состояние органов и вещества	Двухлетние растения	Трехлетние растения полезные	Двухлетние растения	Трехлетние растения полезные	Дезинтегрированные растения
Сухой вес мертвых стеблей					
Грамм на растение	13,0	19,0	66,0	73,0	190,0
% на обезлиственное растение	7,8	6,7	14,1	14,7	19,9
Процент каучука					
Мертвые стебли	0,7	1,1	2,4	2,5	5,4
Обезлиственные живые стебли	10,8	6,4	10,7	9,1	22,4
Процент смолы					
Мертвые стебли	2,9	4,1	7,0	7,0	13,3
Обезлиственные живые стебли	7,1	6,1	6,1	6,2	7,0

Как видно из табл. 14, мертвые стебли, составляющие, например, для трехлетних растений 14,1—14,7% веса общей массы стеблей, характеризуются резко пониженной каучуконосностью. Высокое содержание в отмерших стеблях веществ, экстрагируемых ацетоном, свидетельствует об окислительной деструкции каучука в отмерших органах ра-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

стений. Таким образом, голодание и связанное с этим отмирание части органов могли обусловить значительное снижение суммарной каучуконосности подопытных растений и создать ложное впечатление о мобилизации каучука образовавшим его растением. В такой же мере сказанное относится и к тау-сагызу, на основе опытов с которым сделал свое заключение о питательной ценности каучука Малянко. В отличие тау-сагыза и вообще корневых каучуконосов надо отметить и еще одну особенность, могущую исказить действительное положение дела. Как было показано нами (Прокофьев, 1940), при отмирании млечников у кок-сагыза часть заключенного в них каучука может превращаться в трехмерные макромолекулы, обладающие очень слабой растворимостью в обычных растворителях каучука. Таким образом, при обычных стандартных методах анализа, основанных на действии растворителей (которыми работал, например, Малянко), часть каучука в отмерших органах может оставаться неизвлеченной и создать видимость мобилизации каучука.

На основании совокупности материалов, накопленных по данному вопросу, мы приходим к выводу, что вопрос о питательной ценности каучука для высшего растения может считаться окончательно решенным. Подавляющее большинство исследований (в том числе и исследования последнего времени, выполненные более тщательно, чем предыдущие), проведенных на разнообразных объектах, показало что **каучук не способен вовлекаться в обмен веществ высших растений**. Уменьшение абсолютных количеств каучука в растительном материале явление посмертное, не имеющее место в живом растительном организме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первоначальный этап освоения каучуконосов, заключавшийся главным образом в разре[illegible] каучуконосного сырья, в основном можно считать завершенным. Само собой разумеется, что и впредь повышение урожайности остается одной из важнейших задач, стоящих перед агробиологической наукой и сельскохозяйственной практикой. Однако центр тяжести исследовательских работ в настоящее время должен быть перенесен на всемерное увеличение каучуконосности сырья и повышения качества самого каучука. Результаты опытов с послеуборочным хранением живых растений показывают, что условиями внешней среды можно резко сдвинуть темпы синтеза каучука. Нет никаких сомнений в том, что такие мощные факторы воздействия, как водный режим, минеральное питание и условия светового режима, в состоянии сместить развитие каучуконосных тканей и их способность синтезировать каучук (Начинорович и Иванцкая, 1944, 1945). Поэтому первоочередной задачей является сейчас выяснение характера воздействия тех или иных приемов культуры на образование каучука. Известная специфика различных типов каучуконосов диктует необходимость дифференцированного подхода к каждому из них. Так, например, для гвайюлы, имеющей наряду с каучуком значительное количество низкомолекулярных терпенов, крайне заманчивой представляется попытка смещения условий в сторону торможения синтеза этих терпенов и усиления синтеза каучука. Некоторые теоретические предпосылки, изложенные выше, делают этот путь весьма перспективным.

В ином положении находится кок-сагыз и другие корневые каучуконосы. У этих растений каучук является главным и практически почти единственным представителем терпенов. Поэтому синтез каучука может ограничиваться или малым количеством предшественника или недостаточной полимеризующей способностью пластидного аппарата млечников. Выяснение «узкого места» в синтезе каучука у этих растений и

является с нашей точки зрения первоочередной задачей. Нам представляется, что ряд положений, сформулированных в данной статье, может послужить отправной точкой для исследований в этом направлении. Большой интерес для теории и практики каучуководства представляет послеуборочный синтез каучука в корнях кок-сагыза. Возможность самых разнообразных воздействий и значительное повышение каучуконосности в короткий отрезок времени делают эту проблему одинаково заманчивой как для исследователя, так и для производственника. В данное время существуют вполне реальные предпосылки для постановки данной работы в должных масштабах.

ЛИТЕРАТУРА

Беликов П. С. 1944. К вопросу об образовании каучука в корнях кок-сагыза. ДАН СССР, 45, № 5.

Беликов П. С. и Лиман Б. Л. 1945. О послеуборочном обогащении новой крым-сагыза каучуком. ДАН СССР, 58.

Блохинцева Н. И. 1940. Обременение каучука у кок-сагыза как результат жизнедеятельности млечных сосудов. Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, 604—613 — 1941. Изменение каучуковых частиц в листьях крым-сагыза и кок-сагыза в процессе вегетации. Изв. АН СССР, биол., № 4.

Борисов Г. И. и Любименко В. Н. 1936. Локализация и накопление образования каучука у растений. Сб. «Каучук и каучуконосы», т. I, М.—Л., стр. 231—244.

Боссе Г. Г. 1940. О каучуке и каучуконосах. Уч. зап. МГУ, вып. 36, стр. 223—256.

Бельтишева Л. Я. 1936. Некоторые данные по вопросу образования и накопления каучука у гвайюлы (Parthenium argentatum Gray). Сб. «Физиология и экология каучуконосов», М., стр. 199—206.

Вальсон Э. 1936. Клетка и ее роль в развитии и наследственности, т. I. Медгиз, М.—Л.

Гаузер Э. 1932. Дрожжи. Перев. с англ. Ю. Мирецкий. Гос. х.-т. изд-во, М.—Л.

Добровиов Л. Г. 1945. О возрастном изменении количества каучука у тау-сагыза. ДАН СССР, 51, № 4.

Игнатьев А. М. 1944. Состав и свойства натурального каучука и гуттаперчи. Глава из сб. «Технология растительного каучука и гуттаперчи», Госбумиздат, стр. 95.

Кузьмин С. П. 1936. Культура гвайюлы (Parthenium argentatum Gray) при различной влажности почвы. Сб. «Физиология и экология каучуконосов», под ред. А. А. Никифоровича, Сельхозгиз, М., стр. 87—89.

Лебедева А. П. и Успенская С. В. 1936. Динамика накопления каучука у кок-сагыза в связи с фазами развития. Сб. «Физиология и экология каучуконосов», под ред. А. А. Никифоровича, Сельхозгиз, М., стр. 81—109.

Малянко Ф. П. 1939. К вопросу о физиологической роли каучука у тау-сагыза и крым-сагыза (Taraxacum Stevenii Kuntzeg. Taraxacum hybernum Stev.) Каучук и резина, № 6, стр. 46—49.

Маслаков С. М. 1936. Качественные изменения каучука и смол в корнях кок-сагыза (Taraxacum kok saghyz Rodin) и динамика его развития. ДАН СССР, 19, № 4, 309—312 — Влияние температуры (высокотемпературная кратковременная) на каучук и физико-хим. константы смол различных форм и сортов гвайюлы. Каучук и резина, № 9, стр. 36—40 — 1946. Растворимость ли каучук у кок-сагыза? ДАН СССР, 39, № 3.

Нейман Г. Б. и Добровольская Н. И. 1945. Накопление каучука при хранении кок-сагыза. Доклады Всес. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, вып. 22, стр. 29—33.

Никифорович А. А. 1937. Влияние минерального питания на образование и накопление каучука в растениях. Тр. Моск. Дома ученых, вып. 1, стр. 73—78 — 1944.

Никифорович А. А. и Бурова Б. Н. 1938. Накопление каучука в кок-сагыза как функция его биологического развития. ДАН СССР, 19, 4, 313—316 — 1939. Динамика питания и развития кок-сагыза. Сб. «Физиология и физиология каучуконосных растений», под ред. А. А. Никифоровича и А. А. Прокофьева, ТОНИИ, стр. 6—29.

Никифорович А. А. и Жевнинская Е. Ф. 1944. О связи между образованием листьев и формированием каучуконосных млечников в корнях кок-сагыза и крым-сагыза. ДАН СССР, 44, № 3 — 1945. Об условиях работы листового аппарата, как фактора дифференцировки млечников в корнях кок-сагыза. ДАН СССР, 46, № 1.

Остапенко С. Н. 1940. Влияние некоторых жидкой среды на качество каучука. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 6, стр. 18—21.

Прокофьев А. А. 1932. Кенаф, как каучуконос. 1 р. 50 к. по каучуконосам ВИЛИК, вып. 7 — Накопление каучука в лубяной паренхимной ткани. Там же, стр. 3—7 — 1939. Образование каучука в листьях. Изв. АН СССР, каучук в растениях. Изв. АН СССР, сер. биол., № 6, стр. 906—929 — 1940. Биологическая роль каучука. Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, стр. 589—607 —

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

1944. О синтезе каучука в растениях. Сообщ. I. Возможность образования каучука при гетеротрофном питании растений углеводами. ДАН СССР, 43, № 4 — 1946. О пластидном происхождении каучука. Ботан. журн. СССР, 31, № 2, стр. 5—9 — 1947. Некоторые закономерные изменения латекса травянистых растений. ДАН СССР, 56, № 2 — 1948. Локализация, образование и состояние каучука в растениях. Изд-во АН СССР, М. — Л.

Сисакян Н. М. и Кобякова А. М. 1948. Фосфорилаза в изолированных пластидах. ДАН СССР, 61, № 6 — 1948. Активность и состояние ферментов в пластидах. Биохимия, 13, вып. 1, стр. 88—94.

Сисакян Н. М. и Кузаева Е. Б. 1948. Полифенолоксидазная и пероксидазная активность изолированных пластид. ДАН СССР, 62, № 1.

Соболевская О. Ю. 1944. Образование каучука в выкопанных корнях кок-сагыза в условиях затрудненного газообмена. ДАН СССР, 44, № 9.

Штаудингер Г. 1935. Высокомолекулярные органические соединения. Каучук и целлюлоза. ОНТИ, Л.

Aschan O. 1929. Naphtenverbindungen. Terpen-und Campherarten. Berlin u. Leipzig.

Beadle C. a. Stevens H. P. 1912. An Investigation into the Nature and Properties of Hevea Latex — Eighth Intern. Congr. Appl. Chem., 9, 17—43 (Koll. Ztschr., 13, 207—222).

Bonner J. a. Galston A. 1947. The physiology and biochemistry of rubber formation in plant. The Botanical Review, 13, No. 10, 543—596.

Curtis O. F. 1947. Distribution of rubber and resins in guayule. Plant physiology, 22, No. 4, 333—359.

Freundlich H. u. Hayser E. A. 1925. Zur Kolloidchemie der Kautschukmilchsäfte. Zsigmondy Festschrift (Ergänzungsband zu Bd. XXXVI der Kolloid-Ztschr., S. 15—36).

Haagen-Smit A. J. a. Siu R. 1944. Chemical investigations in guayule. I. Essential oil of guayule, Parthenium argentatum Gray. J. Amer. Chem. Soc., 66, No. 12, 2068—2074.

Hauser E. A. 1927. Beiträge zur Kolloidchemie der Kautschukmilchsäfte. III. Individualform der Kautschukteilchen im Latex und ihre Verarbeitlichkeit. Kautschuk, 3, 357—359 — 1946. The morphology of rubber Latex particles, a critical review. Rubb. Chem. a. Techn., 19, No. 1.

Hendricks S. B., Wildman S. G. a. McMurdie H. F. 1944. Morphology of Latex particles as shown by Electron Micrographs. India Rubber World, 110, 297—300 — 1946. A Triterpene Ester isolated from Cryptostegia madagascariensis Latex. Arch. of Biochem., 10, No. 1, 157—162.

Hessels J. H. E. 1946. The state of Polydispersion of Hevea Latex. Rubb. Chem. a. Techn., 19, No. 1, 176—186.

Hoover S. R., Dietz T. J., Naghski J. a. White J. W. 1945. Cryptostegia leaf rubber. Ind. Eng. Chem., 37, No. 9, 803—809.

Kremers R. E. 1922. The biogenesis of oil of peppermint. J. Biol. Chem., 50, 31—34.

Lucas F. F. 1938. Ultraviolet microscopy of Hevea rubber Latex. Rubb. Chem. a. Techn., 11, No. 2, 405—422 — 1942. Motion picture study of Balata and Hevea Latices. Ind. Eng. Chem., 34, 1371—1384.

McGavack J. a. Faulks P. J. 1947. Synthesis of rubber in kok-saghyz roots during starvation. Rubber Age, 59, No. 2, 204—206.

Memmler K. 1930. Handbuch der Kautschukwissenschaft. Leipzig.

Spence D. a. Mac-Callum W. I. 1935. The function of the rubber Hydrocarbon in the living plant. I. R. I. Transaction, 11, No. 1.

Stewart W. S. a. Hummer R. W. 1945. Inverse correlation between rubber Hydrocarbon and a crystalline fraction isolated from Latex of Cryptostegia [illegible] No. 4, 333—340 — 1947. Inverse correlation between rubber Hydrocarbons and insolubles in total solids of Latex from Hevea brasiliensis. Plant Physiology, 22, No. 2, 193—195.

Traub H. P. 1946. Concerning the function of rubber hydrocarbon (caoutchouc) in the guayule plant Parthenium argentatum. A. Gray. Plant Physiology, 21, No. 4, 425—444.

Walter E. D. 1944. Isolation of Parthenol, Parthenyl Cinnamate and other constituents from guayule resin. J. Amer. Chem. Soc., 66, No. 3, 419—421.

Weber C. O. 1904. Über die Milch von Castilloa elastica und deren Koagulation. Gummi-Zeitung, 29.

Whittenberger R. T. a. Kelner A. 1945. Rubber in Cryptostegia leaf Chlorenchyma. Amer. J. Bot., 32, 619—627.

Wildman S. G., Abegg F. A., Elder J. A. a. Hendricks S. B. 1946. Observations on the inheritance of Latex quality in Cryptostegia. Archiv Biochem., 10, No. 1, 141—155.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0

1944. О синтезе каучука в растениях. Сообщ. I. Возможность образования каучука при гетеротрофном питании растений углеводами. ДАН СССР, 43, № 4—1946. О пластидном происхождении каучука. Ботан. журн. СССР, 31, № 2, стр. 5—9—1947. Некоторые закономерные изменения латекса травянистых растений. ДАН СССР, 58, № 2—1948. Локализация, образование и состояние каучука в растениях. Изд-во АН СССР, М—Л.

Сисакян Н. М. и Кобякова А. М. 1948. Фосфорилаза в изолированных пластидах. ДАН СССР, 61, № 6—1948. Активность и состояние ферментов в пластидах. Биохимия, 13, вып. 1, стр. 88—94.

Сисакян Н. М. и Кузаева Е. Б. 1948. Полифенолоксидазная и пероксидазная активность изолированных пластид. ДАН СССР, 62, № 1.

Соболевская О. Ю. 1944. Образование каучука в выкопанных корнях кок-сагыза в условиях затрудненного газообмена. ДАН СССР, 44, № 9.

Штаудингер Г. 1935. Высокомолекулярные органические соединения. Каучук и целлюлоза. ОНТИ, Л.

Aschan O. 1929. Naphtenverbindungen. Terpen-und Campherarten. Berlin u. Leipzig.

Beadle C. a. Stevens H. P. 1912. An Investigation into the Nature and Properties of Hevea Latex.—Eighth Intern. Congr. Appl. Chem., 9, 17—43 (Koll. Ztschr., 13, 207—222).

Bonner J. a. Galston A. 1947. The physiology and biochemistry of rubber formation in plant. The Botanical Review, 13, No. 10, 543—596.

Curtis O. F. 1947. Distribution of rubber and resins in guayule. Plant physiology, 22, No. 4, 333—359.

Freundlich H. u. Hayser E. A. 1925. Zur Kolloidchemie der Kautschukmilchsäfte. Zsigmondy Festschrift (Ergänzungsband zu Bd. XXXVI der Kolloid-Ztschr., S. 15—36).

Haagen-Smit A. J. a. Siu R. 1944. Chemical investigations in guayule. I. Essential oil of guayule, Parthenium argentatum Gray. J. Amer. Chem. Soc., 66, No. 12, 2068—2074.

Hauser E. A. 1927. Beiträge zur Kolloidchemie der Kautschukmilchsäfte. III. Individualform der Kautschukteilchen im Latex und ihre Vererblichkeit. Kautschuk, 3, 357—359—1946. The morphology of rubber Latex particles, a critical review. Rubb. Chem. a. Techn., 19, No. 1.

Hendricks S. B., Wildman S. G. a. McMurdie H. F. 1944. Morphology of Latex particles as shown by Electron Micrographs. India Rubber World, 110, 297—300—1946. A Triterpene Ester isolated from Cryptostegia madagascariensis Latex. Arch. of Biochem., 10, No. 1, 157—162.

Hessels J. H. E. 1945. The state of Polydispersion of Hevea Latex. Rubb. Chem. a. Techn., 19, No. 1, 176—186.

Hoover S. R., Dietz T. J., Naghski J. a. White J. W. 1945. Cryptostegia leaf rubber. Ind. Eng. Chem., 37, No. 9, 803—809.

Kremers R. E. 1922. The biogenesis of oil of peppermint. J. Biol. Chem., 50, 31—34.

Lucas F. F. 1938. Ultraviolet microscopy of Hevea rubber Latex. Rubb. Chem. a. Techn., 11, No. 2, 405—422—1942. Motion picture study of Balata and Hevea Latices. Ind. Eng. Chem., 34, 1371—1384.

McGavack J. a. Faulks P. J. 1945. Synthesis of rubber in kok-saghyz roots during starvation. Rubber Age, 58, No. 2, 204—206.

Memmler K. 1930. Handbuch der Kautschukwissenschaft. Leipzig.

Spence D. a. Mac Callum W. I. 1935. The function of the rubber Hydrocarbon in the living plant. I. R. I. Transaction, 11, No. 1.

Stewart W. S. a. Hummer R. W. 1945. Inverse correlation between rubber Hydrocarbon and a crystalline fraction isolated from Latex of Cryptostegia grandiflora. Botan. Gaz., 106, No. 3, 333—340—1947. Inverse correlation between rubber Hydrocarbons and insolubles in total solids of Latex from Hevea brasiliensis. Plant Physiology, 22, No. 2, 193—196.

Traub H. P. 1946. Concerning the function of rubber hydrocarbon (caoutchouc) in the guayule plant Parthenium argentatum. A. Gray. Plant Physiology, 21, No. 4, 425—444.

Walter E. D. 1944. Isolation of Parthenol, Parthenyl Cinnamate and other constituents from guayule resin. J. Amer. Chem. Soc., 66, No. 3, 419—421.

Weber C. O. 1904. Über die Milch von Castilloa elastica und deren Koagulation. Gummi-Zeitung, 29.

Whittenberger R. T. a. Kelner A. 1945. Rubber in Cryptostegia leaf Chlorenchyma. Amer. J. Bot., 32, 619—627.

Wildman S. G., Abegg F. A., Elder J. A. a. Hendricks S. B. 1946. Observations on the inheritance of Latex quality in Cryptostegia. Archiv Biochem., 19, No. 1, 141—155.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/05/21 : CIA-RDP82-00039R000100070031-0