

Изменение кариотипа растений под влиянием
центробежной силы
(Предварительное сообщение).

Центробежная сила, как фактор механического воздействия на клетку, применялась еще в конце прошлого столетия. Так, Mottier (1899) при помощи центрифуги установил, что ядро сравнительно тяжелее цитоплазмы. С целью изучения сравнительной тяжести различных компонентов клетки произведены опыты с центрифугой и другими исследователями (Andrews — 1902, 1915, van Wisselingh — 1909, Nemec — 1910, Schmidt — 1914). Из более поздних работ этого направления можно упомянуть работу Luyet и Ernst (1934). Эти ученые, применяя электрическую супер-центрифугу с числом оборотов до 35.000 в минуту, более совершенно разделили компоненты различной тяжести. Таким образом они установили следующий ряд с убывающей тяжестью:

- 1) Хроматин, хромосомы, ядрышко; 2) Цитоплазма обильно-зернистая; 3) Цитоплазма малозернистая; 4) Ядерный сок и клеточный сок; 5) Масла.

Некоторые из авторов (Kostoff — 1930, Nemec — 1910) уделяли особое внимание также вискозитету плазмы. Так, Nemec указал на факт высокого интереса, заключающийся в том, что консистенция цитоплазмы во время митоза меняется, чем он и объясняет движение хромосом вначале к экватору, а затем их половинок — к полюсам (Nemec — 1929).

В упомянутых работах центробежная сила применялась в целях изучения физических свойств составных частей клетки и ряда явлений жизнедеятельности клетки, связанных непосредственно с этими свойствами. В 1930 году поя-

вляется работа Stubble, в которой автор описывает экспериментальное получение мутаций у львиного зева под влиянием рентгеновских лучей, ультрафиолетового света, температуры и центробежной силы. При этом во время центрифугирования проростки находились в растворах различных химических веществ. Им получено среди подвергнутых центрифугированию растений 34 мутации 4 типов. Таким образом, впервые Stubble применил центробежную силу с целью получения наследственно константных изменений.

Как было показано Меллером и Пэйнтером (Muller and Painter—1929, Painter and Muller—1929), при воздействии рентгеновских лучей на *Drosophila melanogaster*, наравне с внешне проявленными наследственными изменениями, часто могут быть констатированы также видимые изменения в кариотипе. На основании результатов, полученных Stubble, можно было ожидать также изменения в кариотипе растений, подвергнутых воздействию центробежной силы. Доказательства этого приводятся в сообщении Костова (1935). Автор подвергал воздействию центробежной силы проростки *Vicia Faba*, *Nicotiana Langsdorffii* и *Triticum* и получил ряд неправильностей в митозе и резкие изменения в кариотипе, среди которых имели место частые фрагментации, удвоение набора, разные числа хромосом—от 2n до 4n и даже более вместе с фрагментами. Воздействию подвергнуты проростки упомянутых растений, причем корешки были установлены центрипетально. Других, более подробных данных по методике автор не приводит.

Уже в течение ряда лет первый из авторов настоящей статьи занимается вопросом соматической полипloidии и искусственного получения полиплоидных клеток в соме; в числе различных агентов воздействия он испробовал также и центробежную силу. С этой целью в феврале 1935 г. начаты нами опыты с центрифугированием проростков различных растений. В настоящем сообщении мы приводим некоторые наблюдения над *Vicia sativa* и *Crepis capillaris*.

Семена *Vicia sativa* и *Crepis capillaris* (сбора 1934 г.) были пророщены на влажной фильтровальной бумаге.

Когда корешки у *Vicia* достигли 5—7 мм., а у *Crepis* 2 мм. длины, проростки были помещены в алюминиевые цилиндрики в слоях смоченной ваты и подвергнуты центрифугированию со скоростью 2000—3000 оборотов в минуту в течение 10, 30, 40 минут и 2 часов, с перерывами через каждые 10 или 30 минут на 5 минут. Корешки не были установлены в определенном направлении. Часть материала каждой дозы была фиксирована немедленно после воздействия, большая же часть была высажена в горшочки для более позднего фиксирования и для наблюдений за развитием растений. Следующие фиксации были произведены через 2 дня, 15 дней и 40 дней после воздействия. В качестве фиксатора применялись хром-ацет-формол и хром-формол; окраска железным гематоксилином.

Уже после 10-минутного вращения корешки *Vicia sativa* потеряли свой белый цвет и стали прозрачно водянистыми.

С первых же дней роста растений, подвергнутых воздействию, был сильно задержан по сравнению с ростом контрольных. В дальнейшем большая их часть оправилась и продолжала расти, несколько отставая в росте. Так, через 7 дней средний рост контрольных растений *Vicia sativa* был 84,4 мм., у опытных же всего 10 мм.; через 15 дней соответственно: 173,5 мм. и 93,3 мм.

Как видно из этих цифр, задержка оказывается лишь в первые дни роста: в дальнейшем опытные растения растут так же хорошо, как и контрольные. Необходимо также отметить, что у опытных растений междоузлия вначале были короче, чем у нормальных. Задержка в росте объясняется главным образом нарушением нормального течения митоза. Как только последнее восстанавливается, растения начинают расти так же, как и не подвергнутые воздействию.

На материале, фиксированном непосредственно после воздействия, нами наблюдались лишь картины, ясно показывающие, что клеточный сок, цитоплазма и покоящееся ядро сильно отличаются своим удельным весом, как это

было отмечено вышеизложенными авторами. Замечается также, что в стадии метафазы воздействие центробежной силы на плазму сказалось сравнительно слабее, чем в неделившейся клетке. Среди "покоящихся" клеток, плазма и ядро которых были сильно подвинуты к стенке в одном и том же направлении, резко выделялись клетки с экваториальной пластинкой, т. к. у последних перемещение произошло гораздо меньше. Это одно уже указывает на неодинаковую консистенцию плазмы во время различных фаз развития клетки (Nemec — 19.0).

Материал, фиксированный через 2 дня, не представляет интереса, так как клетки к этому времени еще не оправились, и в срезах почти нет пластинок.

Наиболее же интересными являются корешки, фиксированные через 15—40 дней. На этом материале можно видеть все те изменения кариотипа, которые были вызваны воздействием центробежной силы и оказались жизнеспособными. Из таких изменений мы чаще всего наблюдали случаи удвоения числа хромосом. Так, известно, что у *Vicia sativa* имеется $2n=12$ хромосом с довольно хорошо выраженной индивидуальностью и у *Crepis capillaris* $2n=6$, причем последний вид в отношении морфологии хромосом является исключительно удобным объектом для опытов. На наблюденных нами пластиниках с увеличенным количеством хромосом, число последних равно у *Vicia* 24 и у *Crepis* 12. Изучение морфологии хромосом показывает, что мы здесь имеем дело именно с автотетрапloidией. Тетрапloidные пластинки встречаются как единично, так и целыми участками. Последнее чаще имеет место. Корешки с участками тетрапloidных клеток являются секториальными химерами, причем участки измененных клеток доходят до самого кончика корешка. Вернее это нужно понимать в обратном смысле, так как в итоге все клетки измененного сектора произошли от первоначально измененных инициальных клеток. В одном случае у *Crepis* нами наблюден корешок, на самом кончике которого тетрапloidные клетки занимают большую часть круга, в более же старых участках, сравнительно далеко от кончика, они занимают сравнительно ма-

ленский сектор. Повидимому, как на это указывает и Костов (1935), несмотря на более быстрое развитие диплоидных клеток, все же тетраплоидные клетки также могут долго сохраняться, размножаясь среди нормальных клеток.

Из других наблюдений следует упомянуть редкие случаи фрагментации как у *Vicia*, так и у *Crepis*; у *Vicia* в телофазе был констатирован маленький расщепившийся фрагмент на экваторе. Но, повидимому, здесь так же, как и под влиянием рентгенизации (Левитский и Ааратян, 1931), фрагменты без кинетической перетяжки остаются в плазме.

На основании приведенных данных можно вывести следующее заключение:

1) По сравнению с другими методами воздействия на кариотип по своим результатам центрифугирование напоминает наркоз. При центрифугировании, как и при воздействии наркотиками, часто происходит суммация хромосом. При опытах с X-лучами, наоборот, суммации почти не получается (Левитский и Ааратян, 1931, Кахидзе 1932 и др.). То же самое наблюдается в меристеме корешков старых семян (Навашин и Герасимова, 1935).

2) Отсюда можно заключить, что влияние центробежной силы сильнее отражается на менее вязких компонентах клетки, в данном случае на плазме. Вследствие этого влияния плазма претерпевает более резкие изменения, чем хромосомы. Нарушается нормальное состояние плазмы, и при менее измененных хромосомах в ходе развития этих двух компонентов клетки. В результате получается анахронизм— последние из диплоидных превращаются в тетраплоидные. Костов (1935 г.). Нерасхождение половинок хромосом объясняет явление сплющенности веретена, что является лишь частным случаем изменения плазмы.

3) Центробежная сила влияет также на хромосомы, вызывая фрагментацию, вследствие чего часть хроматинового вещества (фрагменты без кинетической перетяжки) элиминируется в плазму.

4) Как это указывает и Костов (1935), центрифугированием, повидимому, можно получить также и тетрапло-

идные побеги и, следовательно, такое же потомство, что имеет практическое значение для закрепления межвидовых и межродовых гибридов и для других целей селекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andrews F. M. 1902.—Über die Wirkung der Zentrifugalkraft auf Pflanzen.—Prings. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 38.
2. Andrews F. M. 1915.—Die Wirkung der Zentrifugalkraft auf Pflanzen.—Prings. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 56.
3. Кахидзе Н. Т. 1932.—Изменение хромосом и образование хромосомных химер под влиянием рентгенизаций у *Cephalaria synapsa*. Труды Прикл. Бот. Серия II, вып. I.
4. Kostoff D. 1930.—Protoplasmic Viscosity in Plants.—Protoplasma 11.
5. Костов Д. 1935.—Изменение кариотипов центрифугированием. Доклады Академии Наук СССР, т. II, № 1.
6. Левитский Г. и Аракатян А. Г., 1931 — Преобразование хромосом под влиянием рентгеновских лучей. — Труды Прикл. Бот. Ген. Сел., том XXVII, вып. I.
7. Luyet B. J. and Ernst R. A. 1934.—On the comparative specific gravity of some cell components. Biodinamica № 2.
8. Mottier D. M. 1899.—The effect of centrifugal force upon the cell. Annals of Bot. Vol. 13.
9. Muller H. J. and Painter T. S. 1929.—The cytological expression of changes in gen alignment produced by x-rays in *Drosophila*. The American Naturalist, v. LXIII.
10. Навашин М. С. и Герасимова Е. Н. 1935.—Природа и причины мутации I. О природе и значении хромосомных мутаций, возникающих в клетках покоящихся растительных зародышей в результате старения последних. Биолог. журнал. Т. IV, № 4.
11. Nemec B. 1910.—Das Problem der Befruchtungsvorgänge und andere Zytologische Fragen. Berlin.
12. Nemec B. 1929.—The mechanism of mitotic division. Proceedings of the International Congress of Plant Sciences 1.
13. Painter T. S. and Muller H. J. 1929.—Parallel, Cytology and genetics of induced translocations and deletions in *Drosophila*. Journ. of Heredity v. XX № 6.
14. Schmidt E. W. 1934.—Das Verhalten von Spirogyrazellen. Ber. D. Bot. Ges. Bd. 32.
15. Stubbe H. 1930.—Untersuchungen über experimentelle Auslösung von Mutationen bei *Antirrhinum malus*. I. Versuche mit Röntgenstrahlen, ultravioletten Licht, Temperaturschocks und Zentrifugierungen. Zeitschr. f. ind. Abst. und Vererb. Bd. LVI H. 1.
16. Wisselingh C. van 1909.—Zur Physiologie der Spirogyra-zelle. Beihefte Bot. Centralbl. Bd. 24 Abt. I.



ԲՈՒՅՍԵՐԻ ԿԱՐՈՌՏԻԹԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ԿԵՆՏՐՈՆԱԽՈՒՅԾ ՈՒՅԺԻ ԱԶԴԵՑՅՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ

Առնվազագույն՝

1. մենք կենտրոնախույս ույժի աղդեցությանն ենք յենթարկել *Vicia sativa*-ի և *Crepis capillaris*-ի ծլած սերմերը մեկ բռապելում 2—3 հազար պտույտ արագությամբ և 10 բռպելից մինչև 2 ժամ տեղողությամբ:

2. Կենտրախույս ույժի աղդեցությանը յենթարկած բռյածերի աճումը սկզբում կանոն առավ, ապա վերսկսելով աստիճանաբար հասավ նորմալ չափի: Աճման դանդաղելու և դադարելու դիմավոր պատճառը կարգուկինսկի նորմալ ընթացքի խախտումն է:

3. Աղդումից անմիջապես հետո ֆիքսած արմատիկների ընդլայնական հատվածների վրա յերեսում ե, վոր կորիզը, պլազման և բջիջնութը տարբեր տեսակարար կշիռ ունեն, ինչպես դա ցույց է տրված մի շարք հետազոտողների կողմից Բացի այդ՝ նկատվում ե, վոր պլազման մի տողի ժամանակ ավելի խիտ և և մածուցիկ քան բջիջ «հանգստի» բջիջնում:

4. Աղդումից 15 և 40 որ անց ֆիքսած արմատիկներում կարելի յե տեսնել բազմաթիվ տեսրապլոյիդ բջիջներ, վորոնք մեծ մասամբ սեկտոր են կազմում: Այսպիսի ամատներն ունենքիներային կազմություն:

5. Հակառակ կոստովի բացատրության, մենք կարծում ենք, վոր քրոմոսոմն ե թի և պլազմայի դարձացման ընթացքի մեջ առաջացած անաքրոնիզմով: Պլազման, վորպես ավելի թեթև մարմին, կենտրոնախույս ուժից ավելի խիստ փոփոխության և յենթարկում քան քրոմոսոմները: Վերջինները շարունակում են իրենց զարգացման ընթացքը, մինչեւ պլազման խախտման հետեւլանքով չե բաժանվում, աեղի յե ունենում քրոմոսոմների թըվի կրկնապատկում բջիջ մեջ:

6. Կենտրոնախույս ուժն աղդում և նաև քրոմոսոմների վրա՝ առաջացնելով ընկումներ (Փրագմենտազիա): Այս կարգի փոփոխություններն ավելի ստկավ են: Առանձնացած քրոմոսոմային կտորները յերենմն մնում են հասարակածի վրա և չեն մտնում գուստը կորիզների կազմության մեջ:

7. Խնչողեա կոստովն և յենթազրում, մենք ևս կարծում ենք
վոր կենտրօնախույս ուրիշի ազգեցության տակ կարելի յե ստա-
նալ նաև տեսրապլոյիդ ընձյռչներ, գորոնցից նաև փոփոխված
(տեսրապլոյիդ) սերունդ: Վերջին յերեսույթն ունի գործնական
նշանակություն միջտեսակային և միջցեղային հիբրիդները կոն-
ստանտ և պատզաբնր դարձնելու և սելիկցիայի այլ նպատակների
համար:

The changes in karyotypes of the plants under the influence of centrifugal force.

Summary

1. We have centrifuged the germinated seeds of *Vicia sativa* and *Crepis capillaris* with a speed of 2 to 3 thousand rounds per minute and duration from 10 minutes to 2 hours.

2. The plants subjected to centrifugal force show a very slow growth at the beginning in consequence of the sharp changes that has taken place in mitosis. Later on, when the duration of mitosis was restored the plants began to grow as well as the control ones.

3. On the rootlets fixed immediately after the centrifuging it was clearly seen the difference in the specific gravity of nucleus⁴ cytoplasma and cellular sap as many investigators have shown. Besides the density of plasma is higher in the mitosis than in the resting cells.

4. In the root tips fixed 15 and 40 days after the centrifuging we found many cells with a doubled number of chromosomes: 24 for *Vicia sativa* and 12 for *Crepis capillaris*. Such cells form sectors in the root meristem, and this latter is of a chimerical building.

5. It is evident that doubling takes place in consequence of the anachronism of the plasma and in chromosomes as the former suffers much more changes than the latter.

6. The centrifugal force also influences on the chromosomes causing the fragmentation. The fragments rest on the equatorial plate without kinetic constriction and do not take part in the formation of daughter nucleus.

7. The centrifuging may become a method for doubling of chromosomes sets in the interspecies and intergeneric hybrids and for the other aims of selection.