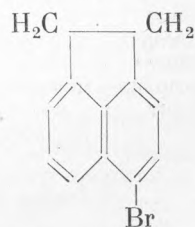


А. ШМУК и ДОНЧО КОСТОВ*

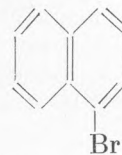
БРОМАЦЕНАФТЕН И БРОМНАФТАЛИН КАК ВЕЩЕСТВА, ВЫЗЫВАЮЩИЕ УДВОЕНИЕ ЧИСЛА ХРОМОСОМ У РЖИ И ПШЕНИЦЫ

(Представлено академиком Н. И. Вавиловым 27 II 1939).

При испытании многочисленных полициклических конденсированных углеводородов и их производных нам удалось найти два новых вещества [после обнаружения биологического действия аценафтена (1-3)], вызывающих сильное нарушение процессов клеточного деления у растений. Эти вещества оказались моно-бромпроизводными углеводородов: 5-бромаценафтен и α -бромнафталин.



5-бромаценафтен
 t° плавления 52°



α -бромнафталин
 t° кипения 280°

Эти вещества при их действии на прорастающие семена растений вызывают характерные изменения проростков: сильную задержку развития, опухолевидное утолщение ростка, укорочение корней с характерным ланцетовидным утолщением концов корней и соответственные сильные цитологические изменения в делении ядра и клеток (фиг. 1).

Получение этих веществ не представляет никаких затруднений: 5-бромаценафтен может быть получен прямым бромированием аценафтена в растворе эфира (4), хлороформа (5) или спирта (6); α -бромнафталин также получается прямым бромированием нафталина (7).

Приводим краткое описание их синтеза.

1. Получение бромаценафтена (по С. Graebe): 5 г аценафтена растворяются в 25 мл хлороформа и к кипящему раствору прибавляется по каплям при помешивании 5.3 г брома в 10 мл хлороформа. По окончании реакции хлороформ отгоняется и остаток несколько раз перекристаллизовывается из спирта.

2. Получение бромнафталина: 23 г нафталина смешиваются с 25 мл горячей воды и при помешивании вносят по каплям 29 г

* А. Ш м у к—химия; Д. К о с т о в—цитология.

брома, поддерживая температуру при 40—50°. После окончания реакции отделяют маслянистый слой и нагревают его в колбе на масляной бане при t° 150° при пропускании сильной струи сухого водяного пара. Оставшееся в колбе масло фракционируют в вакууме, собирая фракцию, кипящую при t° 132—135° (12 мм).

Испытание действия этих веществ на растения мы производили следующим образом: слабые эфирные растворы этих веществ вносились на бумагу, положенную в чашки Петри; после испарения эфира бумага смачивалась водой, и на нее высаживались семена растений.

Биологически активными концентрациями этих веществ в данных условиях (на пшеницу и рожь) оказались:

Внесено в чашку Петри вещества в мг	Бромаценафтен	Бромнафталин
50	Типично сильная реакция	Гибель растений
20	» » »	Частичная гибель
10	» » »	Типичная сильная реакция
5	» » »	» » »
2	» » »	» » »
1	» » »	» » »
0.5	» » »	Слабая реакция
0.2	» » »	» » »
0.1	» » »	Развитие нормальное

Так как в аналогичных условиях границей действия аценафтена являлась доза в 0.3 мг на чашку Петри⁽⁸⁾, то мы видим, что на указанные растения бромаценафтен действует сильнее, чем аценафтен, а бромнафталин действует немного слабее аценафтена.

Как бромаценафтен, так и α -бромнафталин практически нерастворимы в воде, и приготовленные из них водные вытяжки не оказывают никакого действия на растения.

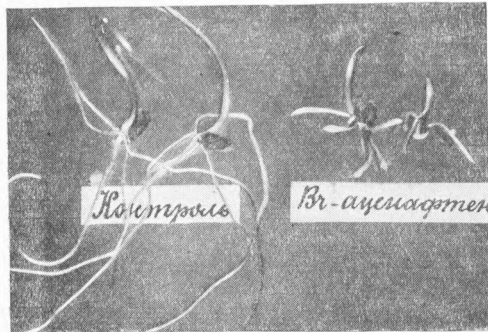
Тем не менее эти вещества очень сильно, как это показано выше, нарушают процесс деления клеток в том случае, когда они внесены в чашку Петри, в которой прорастают семена ржи и пшеницы. Так как аценафтен благодаря его большой летучести действует на растения в форме его паров, то мы испытали аналогичное действие как бромнафталина, так и бромаценафтена.

Для этой цели мы не вносили эти вещества непосредственно на бумагу в чашку Петри, а помещали их в эту чашку на часовом стекле; при этом мы убедились, что бромнафталин действует так же, как аценафтен, в форме его паров, а бромаценафтен не обладает в этой форме (при комнатной температуре) заметным действием.

Действие бромаценафтена на растение становится сильным лишь при условии, когда корни растения вступают в тесное соприкосновение с реагентом.

Для более детального изучения отклонений от нормального процесса митоза, вызванных действием 5-бромаценафтена, семена проращивались в чашках Петри, содержавших следующее количество бромаценафтена: 1) 100 мг, 2) 30 мг, 3) 3 мг и 4) 0.3 мг. В каждой чашке Петри проращивались семена *Secale cereale* и *Crepis capillaris*. В первой и третьей чашках Петри кроме того были проращены семена *Vicia sativa*. Точно так же были цитологически изучены семена *Triticum vulgare*, проращенные в чашке Петри, содержавшей 5 мг 5-бромаценафтена.

Типичные вздутия на концах корешков и значительное утолщение колеоптиля было обнаружено у проростков *Secale cereale* из всех четырех чашек Петри; однако в первых двух оно было сильнее, чем в последних. Рост проростков из первой чашки Петри был очень сильно подавлен, поэтому для цитологического исследования гораздо более удобным оказался материал из остальных трех чашек. Проростки *Crepis capillaris*



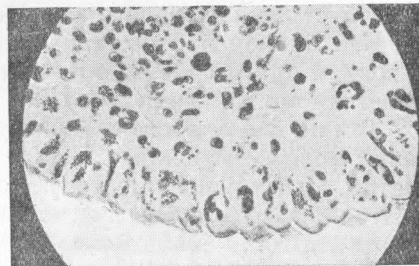
Фиг. 1.—Проростки *Triticum vulgare*: слева—нормальный (контроль), справа—выращенный в чашке Петри, содержащей 5-бромаценафтен.

и *Vicia sativa* из всех чашек Петри почти не обнаружили вздутий, хотя проростки *Vicia* из первой чашки имели несколько более толстые корешки, чем проростки из третьей чашки.

Изучение митотического процесса в кончиках корней проростков ржи и пшеницы обнаружило ряд цитологических ненормальностей, вызванных действием 5-бромаценафтена. Они напоминают нарушения в соматических клетках и в материнских клетках пыльцы (2, 9, 10, 11, 12), вызываемые колхицином и аценафтенем. Наиболее бросающимся в глаза изменением было удвоение хромосом и образование

амёбоидных ядер. При изучении различных стадий митоза на ряде препаратов были обнаружены следующие ненормальности: в метафазе хромосомы не располагаются точно в одной плоскости, как в нормальных клетках, хотя и обнаруживают тенденцию к подобному расположению.

Иными словами, картина получается промежуточная между нормальной метафазой и метафазой клетки, обработанной колхицином. Ахроматические фигуры чрезвычайно расстроены. Процессы, обеспечивающие правильное расположение хромосом в экваториальной пластинке и их расхождение, нарушены. В хромосомах появляется щель, они делятся (делятся и их центромеры), но половинки не расходятся к полюсам, а остаются лежать рядом. Таким образом происходит удвоение числа хромосом. Отдельные хромосомы или их группы с одной или с нескольких сторон начинают входить в цитоплазму (фиг. 2).



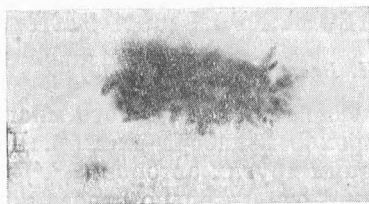
Фиг. 2.—Поперечный срез через корешок проростка *Secale cereale*, проращивавшегося в течение 4 дней в чашке Петри, содержащей 3 мг 5-бромаценафтена.

Это приводит в дальнейшем к образованию амёбоидных ядер. Когда несколько из входящих в цитоплазму хромосом оказываются более или менее изолированными от основной их группы, они образуют новое ядро, лежащее рядом с главным. Ядра двуядерных и многоядерных клеток бывают различной величины, так как содержат неровное число хромосом. При следующем митозе хромосомы появляются в местах расположения ядер или их амёбоидных «выростов». Они вновь не образуют правильной экваториальной пластинки, хотя каждая отдельная хромосомная группа и имеет тенденцию ее образовать. Хромосомы опять расщепляются и делятся, но не расходятся, в результате чего возникает октоплоидное ядро и т. д.

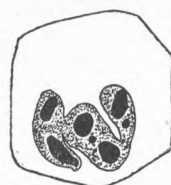
В проростках ржи, проращивавшихся в вышеупомянутых чашках Петри в течение 4 дней, мы находили чаще всего тетраплоидные клетки, хотя наряду с ними попадались также и диплоидные и октоплоидные. Более высокие степени полиплоидии встречались редко. Нужно однако отметить, что тетраплоидию ($2n=28$) у ржи установить легко, более же высокие степени полиплоидии—трудно, так как рожь имеет длинные хромосомы, которые в клетках, подвергнутых воздействию, не образуют в отличие от хромосом нормальных клеток правильной экваториальной пластинки.

Цитологическое изучение митозов в кончиках корней подопытных проростков *T. vulgare* показало, что в них наблюдаются те же картины, что и в подопытных проростках ржи. Это дает нам право отнести 5-бромаценафтен к числу очень эффективных веществ, вызывающих полиплоидию у пшеницы и ржи.

Однако, изучая процесс митоза в клетках кончиков корней *Vicia sativa*, мы не обнаружили в них сколько-нибудь заметных ненормальностей,



Фиг. 3.—Октоплоидная клетка из кончика корня проростка *Secale cereale*, проращенного в чашке Петри, содержащей α -бромнафталин.



Фиг. 4.—Клетка с амёбoidным ядром из кончика корня проростка *Secale cereale*, выращенного в чашке Петри, содержащей α -бромнафталин.

подобных найденным у пшеницы и ржи. На всех препаратах корешков подвергнутых воздействию проростков *Vicia* мы видели лишь нормальные диплоидные метафазы и нормальные ядра. Почти так же вел себя и *Crepis*, хотя у него и была подмечена некоторая задержка в расхождении хромосом, а в немногих клетках и удвоение числа хромосом. На основании этих наблюдений мы не можем рекомендовать 5-бромаценафтен как средство удвоения числа хромосом у *Vicia* и *Crepis*.

Были цитологически изучены также и проростки *Secale cereale* и *Triticum vulgare*, проращенные в чашках Петри, содержавших 1 мг α -бромнафталина. В этом случае были найдены те же цитологические ненормальности, что в проростках, обработанных 5-бромаценафтенем (фиг. 3,4). Очень часто встречались клетки с удвоенным числом хромосом. Попадались корешки, в которых лишь с трудом можно было найти диплоидные клетки. Это показывает, что α -бромнафталин может быть с успехом использован для вызывания полиплоидии у *Secale* и *Triticum*.

Институт генетики.
Академия Наук СССР.

Поступило
8 III 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Шмук, ДАН, XIX, № 3 (1938). ² Д. Костов, ДАН, XIX, № 3 (1938).
³ М. Навашин, ДАН, XIX, № 3 (1938). ⁴ Blumenthal, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 7 (1902). ⁵ C. Graebe, Lieb. Ann., 327, 85 (1903). ⁶ Дашевский и Коришин, Промышл. орган. химии, 20, 406 (1937). ⁷ P. Adams и др., Синтезы органич. препарат., 1 (1921). ⁸ А. Шмук и А. Гусева, ДАН, XXII, № 7 (1939). ⁹ Д. Костов, ДАН, XXII, № 5 (1938); Current Science, 6, 519—522; ibid., 7, 8—11, 7, 108—110. ¹⁰ H. Derrien, Journ. Heredity, 29, 211—229 (1938).
¹¹ A. Leván, Hereditas (Lund.), 24, 471—486; 25, 9—26 (1938). ¹² R. I. Waiker, Amer. Journ. Bot., 29, 280—285 (1938).