

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE - SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. XX, 18

SECTIO C

1965

Z Katedry Farmakognozji AM w Lublinie
Kierownik: doc. dr Florentyna Biełozabska

Irena POGORZELSKA

Czynniki wpływające na wytwarzanie się antocyjanu w izolowanych liściach turionów *Hydrocharis morsus ranae* L. *

Факторы влияющие на образование антоциана в изолированных листьях турionoв *Hydrocharis morsus ranae* L.

Facteurs influençant la formation de l'antocyan dans les feuilles isolées des turions *Hydrocharis morsus ranae* L.

Liczne badania przeprowadzone przez wielu autorów nie zawsze mogły ściśle wyjaśnić przyczyny powstawania antocyjanu. Przede wszystkim wyprowadzano często wnioski na podstawie obserwacji, a niekiedy nawet i na podstawie doświadczeń, ale na całych roślinach. Nie brano więc pod uwagę korelacyjnego działania jednych organów na drugie.

W moich badaniach starałam się dokładniej zbadać, w jakich warunkach powstaje antocyjan w izolowanych poszczególnych liściach wymienionych pąków zimowych i w ich częściach. Zewnętrzne liście tych turionów mają zdolność do wzrostu i rozwoju po oddzieleniu ich od pąków, a nawet izolowane części tych liści mogą tak samo wykazywać wzrost i rozwój.

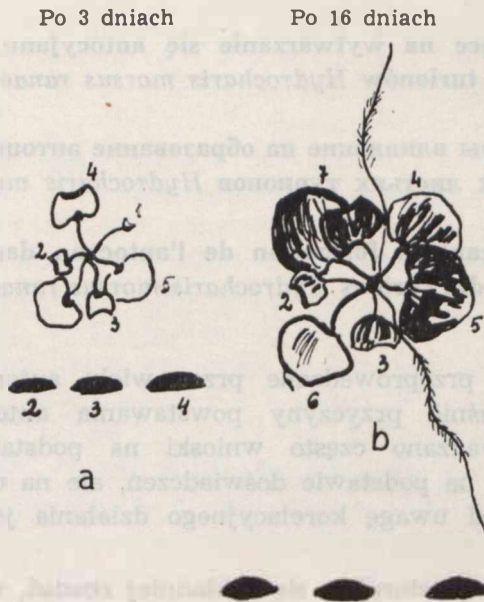
Mamy więc możność wyjaśnienia działania czynników wpływających na powstawanie antocyjanu w poszczególnych liściach, a nawet w ich częściach, niezależnie od oddziaływania na nie innych części rozwijającej się rośliny.

Porównując na przykład powstawanie antocyjanu w liściach izolowanych i rozwijających się normalnie na całym pąku w warunkach

* Praca została wykonana pod kierunkiem prof. dra Piotra Wiśniewskiego, byłego Kierownika Katedry Botaniki Ogólnej UMCS.

analogicznych (w roztworze 0,6% cukru trzcinowego w temp. ok. $+25^{\circ}\text{C}$, przy stałym oświetleniu żarówką 40 W, umieszczoną w odległości 40 cm od kultury) stwierdziłam, że blaszki zewnętrznych liści izolowanych — od pierwszego do szóstego włącznie — były zaczerwienione już po ok. 5 dniach, natomiast blaszki liści od pierwszego do szóstego, rozwijające się na całych pąkach, zaczerwieniły się dopiero po upływie 25 dni, liście zaś siódme, które na całych pąkach były rozwinięte i zaczerwienione po upływie 10 dni, w stanie izolowanym zaczerwieniły się po upływie 20 dni.

Stwierdziłam też, że w przypadku odcięcia wierzchołkowej części liści nie oddzielonych od pąka i umieszczonych w roztworze 0,6% cukru



Ryc. 1. Wytwarzanie się antocyjanu (zaznaczono go barwą czarną) w liściach kiełkujących turionów *Hydrocharis morsus ranae* po odcięciu jego wierzchołkowej części (ryc. schematyczna); a — zaznaczone szybsze powstawanie antocyjanu najpierw w odciętych wierzchołkowych częściach liścia po 3 dniach, b — powstawanie antocyjanu w pozostałych na pąku częściach liścia po 16 dniach pozostawiania w roztworze 0,6% cukru trzcinowego w temp. $+28^{\circ}\text{C}$ przy stałym oświetleniu; cyfry arabskie oznaczają kolejność liści w turionie

Production de l'antocyan (coloré en noir) dans les feuilles des turions de *Hydrocharis morsus ranae* en germination, après le retranchement de leur partie de sommet (croquis schématique); a — formation plus rapide de l'antocyan d'abord dans les parties retranchées du sommet de la feuille après 3 jours, b — formation de l'antocyan dans les parties de la feuille restées sur le bourgeon ayant été maintenues pendant 16 jours dans la solution 0,6% de saccharose à la temp. de $+28^{\circ}\text{C}$ à l'exposition constante à la lumière; chiffres arabes marquent l'ordre des feuilles dans le turion

trzciniowego przy stałym oświetleniu w temp. $+28^{\circ}\text{C}$, zaczerwieńiły się już po 3 dniach tylko odcięte wierzchołki liści, podczas gdy pozostałe części blaszki w pąku zaczerwieńiły się dopiero po upływie kilkunastu dni (patrz ryc. 1). Opóźnienie zaczerwieńienia nastąpiło tu przede wszystkim z powodu początkowego odpływu węglowodanów do rozwijających się innych części pąka. Widzimy więc, że przy normalnym rozwoju całego pąka w roztworze cukru powstawanie antocyjanu w poszczególnych liściach i ich częściach odbywa się inaczej niż w liściach izolowanych.

A więc przy rozwoju normalnym całych pąków wyraźnie zaznacza się korelacyjne oddziaływanie jednych części rośliny na drugie, co utrudnia dokładne stwierdzenie, jak wpływają poszczególne czynniki zewnętrzne na powstawanie antocyjanu.

Badania moje, przeprowadzone na zewnętrznych liściach wspomnianych turionów, miały na celu głównie dokładniejsze wyjaśnienie, jaki wpływ na rozwój antocyjanu ma: 1) temperatura, 2) światło, 3) rozwój liści, 4) zranienie liści.

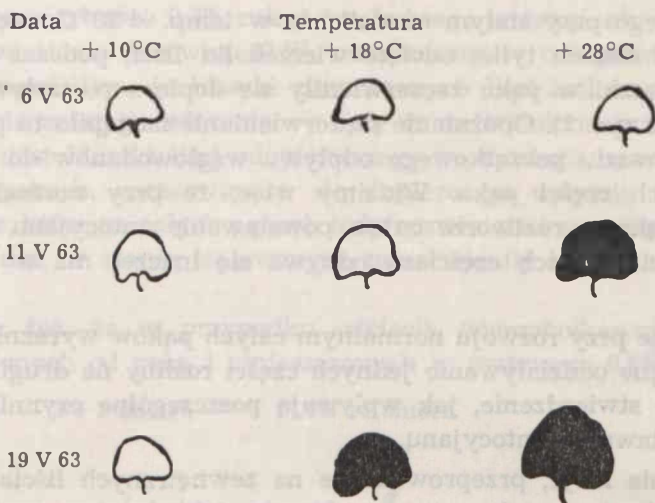
Panu Prof. Drowi Piotrowi Wiśniewskiemu wyrażam serdeczne podziękowanie za życzliwe i zawsze chętne udzielanie rad i wskazówek.

Dziękuję również Pani Doc. Dr Florentynie Bielezabskiej za serdeczny stosunek do pracy i cenne uwagi oraz za umożliwienie dokończenia badań w Katedrze Farmakognozji Akademii Medycznej.

WPLYW TEMPERATURY

Wielu badaczy, jak Overton (6), Onslow (5), Szwejkowska (8) i inni, stwierdza, że na powstawanie antocyjanu może wpływać niska temperatura, jednak — jak słusznie zauważył już Overton (6) — trudno jest ustalić, czy niska temperatura wpływa na powstawanie antocyjanu bezpośrednio, czy też pośrednio, przyczyniając się na przykład do przechodzenia skrobi w cukier, którego obecność umożliwia powstawanie tego barwnika.

W badaniach moich dążyłam do wyjaśnienia, czy niska temperatura może wpływać na powstawanie antocyjanu bezpośrednio, niezależnie od tego, że wpływa pośrednio przez przechodzenie skrobi w cukier. Doświadczenia przeprowadzone na izolowanych liściach turionów *Hydrocharis morsus ranae* L. (w roztworze 0,6% cukru trzciniowego przy stałym oświetleniu) wykazały, że niska temperatura (od $+1^{\circ}$ do $+10^{\circ}\text{C}$) bezpośrednio nie powodowała powstawania antocyjanu, pomimo że liście te miały udostępniony dopływ cukru. Bardzo powoli zaczerwieńienie następowało w temp. $+12^{\circ}\text{C}$, szybciej w $+18^{\circ}\text{C}$, jeszcze szybciej w $+28^{\circ}\text{C}$. W temp. $+18^{\circ}\text{C}$ wyraźne zaczerwieńienie blaszki liściowej



Ryc. 2. Wytwarzanie się antocyjanu (zaznaczono go barwą czarną) w izolowanym liściu turionu *Hydrocharis morsus ranae* w różnych temperaturach w roztworze 0,6% cukru trzcinowego przy stałym oświetleniu (ryc. schematyczna)

Production de l'antocyan (coloré en noir) dans les feuilles isolées des turions de *Hydrocharis morsus ranae* dans les diverses températures dans la solution 0,6% de saccharose à l'exposition constante à la lumière électrique (croquis schématique)

pojawiało się po ok. 14 dniach, a w temp. +28°C już nawet po 5 dniach (ryc. 2).

Antocyjan nie wytwarzał się szybciej, nawet wtedy gdy badane liście zostały poddane najpierw działaniu temperatury poniżej 0°C. Tak na przykład liście po uprzednim ich przechowywaniu w roztworze 0,6% cukru oraz tylko w wodzie w ciągu 3 godz. w temp. -2°C zarówno w ciemności, jak i odpowiednim oświetleniu po przeniesieniu ich do temp. +28°C przy stałym oświetleniu nie zaczęły się czerwienić i intensywniej niż liście kontrolne nie poddawane uprzednio działaniu temp. -2°C.

A więc, jak się wydaje, doświadczenia te świadczą, że niska temperatura nie wpływa tu bezpośrednio na powstawanie antocyjanu. Obserwacje prowadzone przez wielu badaczy na innych roślinach, wykazujące, że antocyjan powstać może w niższej temperaturze, tłumaczyć należy wpływem tej temperatury na przechodzenie skrobi w cukier, którego obecność przyczynia się w dużym stopniu do wytwarzania tego barwnika.

Niska temperatura wpływa zatem pośrednio, a nie bezpośrednio na powstawanie antocyjanu, który powoduje czerwienienie liści.

WPLYW ŚWIATŁA

Nie tylko wpływ temperatury na powstawanie antocyjanu, ale również wpływ światła interesował wielu badaczy, m. in. Overtona (6), Linsbauera (3), Mirande'a (4), Arthura (7), Szweykowską (8), którzy wykazali, że naświetlenie działa w tym procesie dodatnio. Znane są jednak przykłady wytwarzania się antocyjanu w ciemności (9). Wielu badaczy (4, 5) uważa, że światło ma tu wpływ pośredni, przyczynia się bowiem do gromadzenia produktów fotosyntezy, np. cukrów. Niektórzy jednak autorzy, jak np. Overton (6), przypuszczają, że naświetlanie ma także wpływ bezpośredni.

Wiśniewski (10) zaobserwował, że zewnętrzne izolowane liście wspomnianych turionów w ciemności nie mają zdolności do wzrostu, a także moje doświadczenia przeprowadzone na tych liściach wykazały, że nawet w roztworze 0,6% cukru nie wytwarza się w nich antocyjan. Stwierdziłam również, że przy osłonięciu połowy blaszki liścia (liść umieszczony w 0,6% roztworze cukru trzcinowego, w temp. +28°C przy stałym oświetleniu) część liścia poddana naświetleniu zaczerwieniła się, podczas gdy w części osłoniętej, pomimo że powiększyła ona swoje rozmiary, aczkolwiek w mniejszym stopniu niż połowa oświetlona, antocyjan nie wytworzył się (rys. 3). W tym więc doświadczeniu produkty fotosyntezy musiały się przedostawać także do zaciemnionej części liścia, a mimo to ta część blaszki nie wytworzyła antocyjanu. Można więc sądzić, że naświetlenie nie tylko powoduje gromadzenie się produktów fotosyntezy, niezbędnych do powstawania antocyjanu, ale działa jeszcze w jakiś inny sposób na powstawanie tego barwnika.

W niektórych wypadkach w moich doświadczeniach powstawało zaczerwienienie liści także w ciemności, gdy zastosowano hormon 2,4 D. Dokładniejsze jednak wyjaśnienie tego faktu wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

WPLYW ROZWOJU LIŚCIA

Niektórzy badacze, np. Jermołajewa i Szczegłowa (1) oraz Szweykowska (8), zauważyli, że zachodzi związek pomiędzy rozwojem rośliny a wytwarzaniem antocyjanu.

Z moich doświadczeń raczej wynika, że ścisłej zależności pomiędzy rozwojem wspomnianych liści a powstawaniem w nich antocyjanu nie ma. Wprawdzie w wielu wypadkach barwnik ten wytwarzał się dopiero wtedy, gdy liście mogły się normalnie rozwijać, a więc na przykład w niskiej temp. ok. +10°C liście nie rozwijały się i antocyjan nie wytwarzał się, natomiast już w wyższej temp. od +12° do +20°C następował rozwój liści i powstawał antocyjan.

Jednak z badań moich nad wpływem światła wynika, że nawet gdy udało się pobudzić część liścia do rozwoju w ciemności (połowa liścia osłonięta — ryc. 3) antocyjan w tej części nie wytworzył się, z czego wynikałoby, że sam wzrost i rozwój liścia może nie powodować powstania antocyjanu, nawet przy dopływie produktów fotosyntezy. Natomiast, jak wynika z moich doświadczeń, antocyjan może wytwarzać się wtedy, gdy liść nie rośnie. Jak wspomniałam wyżej przy odpowiednim zastosowaniu hormonu 2,4 D może nastąpić zaczerwienienie blaszki także w liściach, które nie wykazywały wzrostu i rozwoju. Dokładniejsze jednak wyjaśnienie tego zagadnienia wymaga przeprowadzenia dalszych badań.



Ryc. 3. Wytwarzanie się antocyjanu (zaznaczono go barwą czarną) w izolowanym 3 liściu turionu. *Hydrocharis morsus ranae* w roztworze 0,6% cukru trzcinowego w temp. +28°C (ryc. schematyczna); a — przy osłonięciu połowy blaszki antocyjan powstaje tylko w połowie oświetlonej, b — w liściu kontrolnym, który był cały oświetlony, antocyjan wytwarza się w całej blaszce

Production de l'antocyan (coloré en noir) dans les feuilles isolées des turions de *Hydrocharis morsus ranae* dans la solution 0,6% de saccharose à la temp. de 28°C (croquis schématique): a — à la moitié de la limbe couverte, l'antocyan se forme seulement dans la partie exposée à la lumière, b — dans la feuille de contrôle toute exposée à la lumière, l'antocyan se forme dans la limbe toute entière

WPLYW ZRANIENIA LIŚCIA

Z obserwacji niektórych badaczy na rozmaitych roślinach wynika, że zranienie może przyczynić się do wytwarzania antocyjanu. Na izolowanych liściach turionów *Hydrocharis morsus ranae* L. można było dokładniej zanalizować działanie samego zranienia wskutek wyeliminowania wpływu korelacyjnego innych części rośliny.

Niektóre wyniki moich doświadczeń są następujące:

1. Stwierdziłam, że w razie przecięcia wzdłuż na pół całego liścia (blaszki i ogonka) czerwienienie następuje najpierw w pobliżu zranienia i stopniowo obejmuje inne części przeciętej blaszki (ryc. 4).

2. Opierając się na wynikach Kotlińskiej (2), która m. in. wykazała, że przy przecięciu całego liścia wzdłuż obie połówki blaszki rosły i przybierały kształty zbliżone do całej blaszki liściowej, przepro-

Data W temp. + 28°C w roztw. 0,6% cukru

10 VI



12 VI



15 VI



17 VI



19 VI



Ryc. 4. Blaszką i ogonek liścia *Hydrocharis morsus ranae* przecięte na pół w roztworze 0,6% cukru trzcinowego w temp. +28°C przy stałym oświetleniu; wytwarzanie się antocyjanu zaznacza się (barwa czarna) najpierw w pobliżu zranienia, później następuje szybszy i intensywniejszy rozwój antocyjanu w części odrastającej
 Limbe et pétiole de la feuille de *Hydrocharis morsus ranae* coupées en deux, dans la solution 0,6% de saccharose à la temp. de +28°C à l'exposition constante à la lumière électrique. La production de l'antocyan (coloré en noir) se fait voir d'abord à proximité de la blessure, et ensuite l'antocyan se développe d'une façon plus rapide et plus intense dans la partie qui recroît

wadziłam dalsze badania nad rozwojem takich połówek i stwierdziłam, że obie części przeciętej blaszki (w temp. +28°C przy stałym oświetleniu) rozwijają się o wiele lepiej w roztworze 0,6% cukru trzcinowego niż w wodzie — jak to robiła K o t l i ń s k a — i, że na nowo odrastająca wskutek regeneracji część blaszki dochodzi do większych rozmiarów i czerwienieje szybciej niż pozostała jej część wykształcona już do pewnego stopnia przed przecięciem.

3. Doświadczenia przeprowadzone w niższej temperaturze (+11°C w roztworze 0,6% cukru trzcinowego przy stałym oświetleniu) wykazały, że i w tej temperaturze może nastąpić zaczerwienienie, ale tylko po zranieniu: w liściach przeciętych na pół wystąpiło zaczerwienienie, podczas gdy w całych liściach antocyjan nie wytworzył się.

Na podstawie tych doświadczeń można wnioskować, że zranienie powoduje powstawanie antocyjanu przede wszystkim pośrednio, ponieważ pobudza dopływ niezbędnych produktów fotosyntezy, głównie węglowodanów do miejsc zranienia; przemawia za tym również następujące po przecięciu wzdłuż liścia szybkie czerwienienie części blaszki, odrastającej drogą regeneracji.

Jednak doświadczenia wykazują, że w liściach przeciętych wzdłuż może nastąpić zaczerwienienie nawet w stosunkowo niskiej temperaturze (+11°C), podczas gdy liście nie przecięte w tych samych warunkach nie czerwienieją. A zatem można przypuszczać, że zranienie wpływa na wytwarzanie się antocyjanu także bezpośrednio.

PIŚMIENNICTWO

1. Jermołajewa J. J., Szczegłowa O. A.: Antocian i rozwitje rastienij. D. A. N., SSSR. 1948.
2. Kotlińska T.: Influence of Cutting through the Leaf Lamina of Turions of *Hydrocharis morsus r. L.* on Its Development. Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, nr 1, 1961.
3. Linsbauer L.: Über photochemische Induktion bei der Anthokyanbildung. Wiesner Festschrift, Wien 1908.
4. Mirande M. M.: Sur la formation d'anthocyanine sous l'influence de la lumière, dans les caillés des bulbes de certains lis. C. R. Acad. Sci., Paris 1922.
5. Onslow M. W.: Anthocyanin Pigments of Plants. Cambridge 1925.
6. Overton E.: Beobachtungen und Versuchen über das Auftreten rothen Zellsaft bei Pflanzen. Jahrbücher wissenschaftliche Botanik, t. 33, Leipzig 1899.
7. Strebeyko P.: Woda i światło w życiu rośliny. Warszawa 1956.
8. Szweykowska A.: Anthocyjanin Pigment and the Influence of Light on the Development of Cabbage Seedings. Acta Soc. Bot. Pol., Vol. XXVI, nr 2, Warszawa 1957.
9. Słabęcka-Szweykowska A.: Wpływ światła na syntezę rubrobrascyny w kiełkujących roślinach czerwonej kapusty. Acta Soc. Bot. Pol., vol. XXIV, nr 1, Warszawa 1955.
10. Wiśniewski P.: Beitrage zur Kenntnis der Keimung der Winterknospen der Wasserpflanzen, Bull., Acad. d. Sc. Cracovie, Cl. Sc. Mth. Nat. B, 1912.

РЕЗЮМЕ

Во время нормального развития почки, каждый лист подвергается коррелятивному действию других частей развивающегося растения, что мешает точно установить непосредственное действие других факторов на образование антиоциана.

Автор стремился использовать характерную особенность внешних листьев турионов, обнаруживающих способность к росту и развитию, после отделения их от почки, следовательно исключить коррелятивное действие других частей развивающейся почки.

На основании исследований сделаны следующие выводы:

1. При низкой температуре от 1°C до 10°C (при постоянном освещении, в растворе 0,6% тростникового сахара) антоциан не возникал. Очень медленное его образование отмечено при температуре

+12°C, несколько более скорое при +18°C, еще более быстрое при 28°C (см. рис. 2). При температуре +36°C листья замирали. Предшествующее подвержение действию более низкой температуры -2°C не ускоряло появления антоциана после помещения позже листьев в такие же условия но при температуре выше (+28°C). На основе этих экспериментов автор приходит к заключению, что низкая температура не влияет непосредственно на образование антоциана, но может влиять косвенно через превращение крахмала в сахара, наличие которых влияет на возникновение этого пигмента.

2. В материале, в котором производились исследования, в общем антоциан не образовался в темноте. Автором установлено, что при прикрытии половины листа его часть подвергнутая освещению (см. рис. 3) образовала антоциан, в то время как в части прикрытой этот пигмент не возник, несмотря на увеличение ее размеров, следовательно и на наплыв продуктов фотосинтеза. Из этого можно заключить, что освещение вызывает образование антоциана не только вследствие фотосинтеза благодаря созданию необходимых субстанций для образования этого пигмента, но кроме того еще действует какой-то иной способ на его возникновение. На основании предварительных экспериментов можно предполагать что освещение может быть замещено действием гормона 2,4D.

3. Вообще факторы, вызывающие образование антоциана влияют одновременно на рост и развитие листьев. Однако можно вызвать развитие части листа (половина листа прикрытая, см. рис. 3) без продукции антоциана при наплыве продуктов фотосинтеза, следовательно само развитие листа не вызывает образования этого пигмента. С другой стороны нельзя исключить, что при соответственном применении гормона 2,4D покраснение может наступить независимо от роста и развития. Следовательно, тесная связь между развитием листьев и образованием в них антоциана не существует.

4. Возникновение антоциана начинается поблизости места ранения и постепенно охватывает другие части листа (см. рис. 4) вследствие того, что вызывает приток продуктов фотосинтеза, главным образом углеводов, к местам ранения; следовательно раны на листьях влияют на образование антоциана косвенно; однако кажется, влияют также и непосредственно, так как могут вызывать покраснение листьев и в низкой температуре +11°C (в растворе 0,6% тростникового сахара при непрерывном освещении), в которой не раненые листья не производят антоциана.

R É S U M É

Dans le développement normal du bourgeon, chacune de ses feuilles subit l'influence corrélative d'autres parties de la plante qui se développe, ce qui rend difficile une définition exacte de l'influence directe d'autres facteurs sur la formation de l'antocyan.

L'auteur essayait de mettre à profit une propriété caractéristique des feuilles extérieures de ces turions, démontrant une capacité pour la croissance et le développement aussi après leur séparation du bourgeon, donc à l'exclusion de l'action corrélative d'autres parties du bourgeon se développant.

Les examens faits par l'auteur ont donné les résultats suivants:

1. Dans la température basse, de $+1^{\circ}\text{C}$ à $+10^{\circ}\text{C}$ (à l'exposition constante aux rayons de lampe électrique dans la solution 0,6% de saccharose) l'antocyan ne se formait pas. Une formation très lente de ce colorant a été observée par l'auteur dans la temp. $+12^{\circ}\text{C}$, plus vive à $+18^{\circ}\text{C}$, encore plus rapide à $+28^{\circ}\text{C}$ (v. fig. 2); à $+36^{\circ}\text{C}$ les feuilles devenaient mortes. Une soumission préalable à l'action d'une température encore plus basse, à savoir -2°C , n'accélérait pas l'apparition de l'antocyan même après la mise des feuilles dans les conditions identiques, mais dans la température plus élevée ($+28^{\circ}\text{C}$). De ces expériences l'auteur conclue que la température basse n'influence pas directement la formation de l'antocyan, mais peut influencer indirectement par la transformation de l'amidon en sucres, dont la présence contribue à la formation de ce colorant.

2. Dans le matériel servant aux expériences, l'antocyan ne se formait pas, en principe, dans l'obscurité. L'auteur a constaté que, lorsque une moitié de la limbe était couverte, la partie exposée aux rayons de lampe électrique (v. fig. 3) formait l'antocyan. Ce colorant ne se formait pas dans la partie cachée malgré l'agrandissement des dimensions de celle-ci et l'accès libre des produits de la photosynthèse. De ce fait l'auteur conclue que l'exposition aux rayons mentionnés provoque la formation de l'antocyan non seulement en résultat de la photosynthèse par la production des substances nécessaires à la formation de ce colorant et qu'elle influence encore d'une autre manière sa formation. Des expériences faits jusqu'à présent il résulte, paraît-il, que l'exposition à la lumière peut être remplacée par l'action de l'hormone 2,4 D.

3. D'une façon générale, les facteurs qui causent la formation de l'antocyan influencent en même temps la croissance et le développement des feuilles. On a pu pourtant provoquer le développement d'une partie de la limbe (la moitié de la feuille couverte — v. fig. 3) sans formation

de l'antocyan à l'accès des produits de photosynthèse. Le développement même de la feuille ne cause donc pas la formation de ce colorant. Il n'est pas exclu, d'autre part, qu'à l'application convenable de l'hormone 2,4 D, la rougeur puisse apparaître aussi indépendamment de la croissance et du développement. Donc, il n'y a pas de liaison étroite entre le développement de la feuille et la formation de l'antocyan dans la feuille.

4. La formation de l'antocyan commence à proximité de l'endroit de blessure et embrasse graduellement les autres parties de la feuille (v. fig. 4), car elle provoque l'affluence des produits de photosynthèse, principalement des hydrates de carbone, aux endroits de blessure, elle influence donc la formation de l'antocyan avant tout indirectement. Il paraît qu'elle l'influence aussi directement, car elle peut provoquer la rougeur des limbes aussi dans la température basse, à savoir $+11^{\circ}\text{C}$ (dans la solution 0,6% de saccharose à l'exposition aux rayons durables), dans laquelle les feuilles non blessées ne produisent pas l'antocyan.

