

Miroslav Penka a Vladimír Rypáček

## Vliv délky dne na kvalitativní změny organických kyselin v obsahu šťávy buněčné rostliny *Begonia rex*.

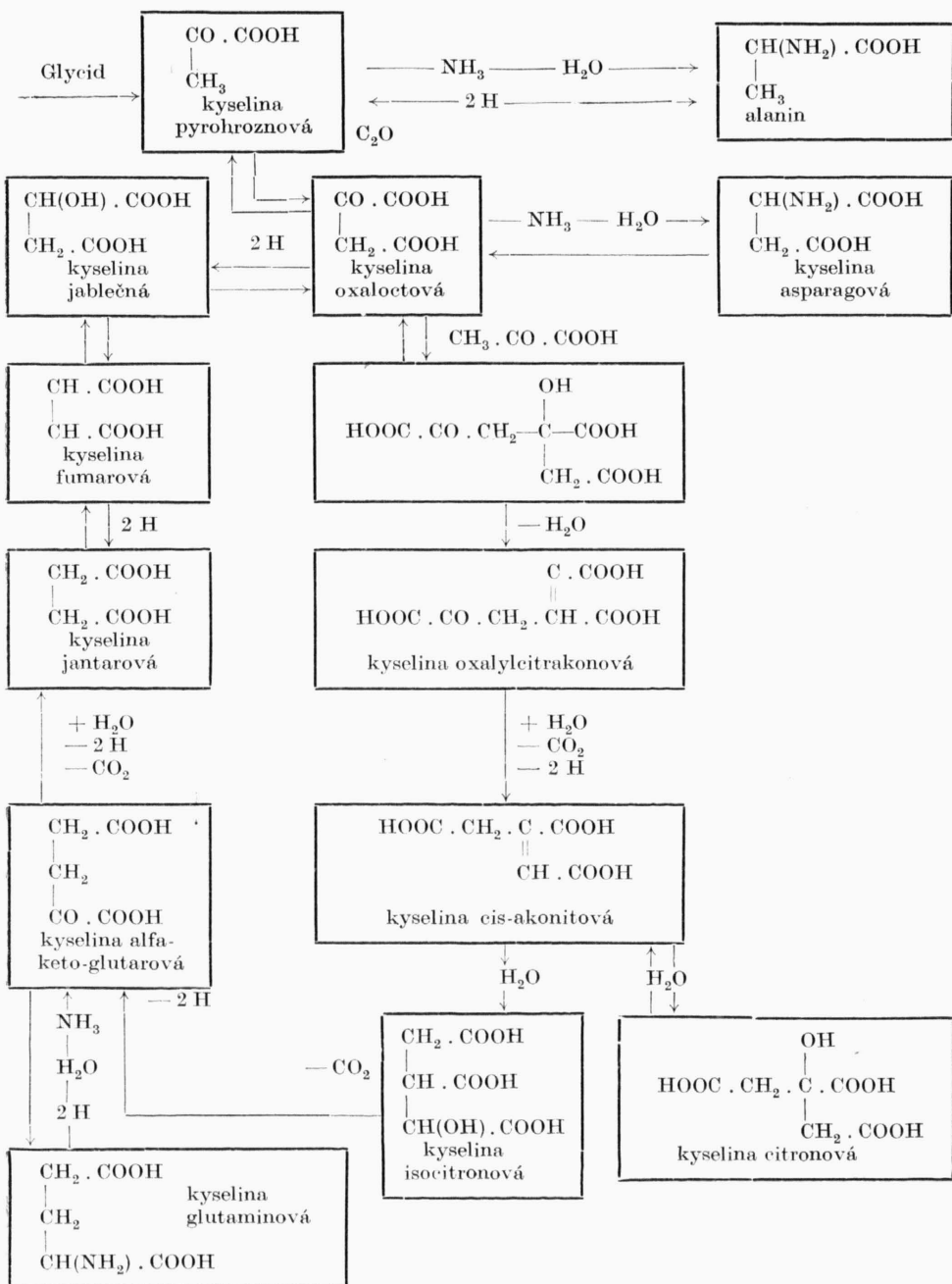
Práce z ústavu pro fyziologii rostlin při přírodovědecké fakultě Masarykovy university v Brně.

### I. Úvod.

Dosavadní práce v problémech organických kyselin a látek kyselce reagujících v rostlinách byly zaměřeny jednak k otázkám vzniku a významu těchto kyselin v rostlinách (Palladin, 1887, 1916; Kostyčev, 1924, 1931; Bennet-Clark, 1930, 1933, 1949; Oparin, 1937 a j.) a jednak k otázkám změn obsahu organických kyselin v rostlinách (Molisch, 1921; Bennet-Clark, 1930, 1933, 1949; Tunmann a Rosenthaler, 1931; Rypáček, 1939a, b, 1940; Lvov, 1950; Penka a Rypáček, 1952 a j.). Menší pozornost byla již věnována otázkám kvalitativních změn organických kyselin. Mnozí autoři vypracovali výstižné metody k jejich stanovení, avšak spokojili se jen konstatováním obsahu těchto kyselin v rostlinách bez ohledu na jejich kvalitativní změny během vegetační periody (Czapek, 1921; Molisch, 1921; Kostyčev, 1924, 1931; Tunmann a Rosenthaler, 1931 a j.).

Jen někteří autoři, jak je uvádí Lvov, 1950 (Kostyčev, Palladin a j.) a Bennet-Clark, 1949 (Henderson a Staffer, Berger a Avery, Jakobson, Krebs a spolupracovníci, Szent-Györgyi a j.), se zabývají otázkou kvalitativních změn obsahu organických kyselin v rostlinách. Mnozí z těchto autorů (Krebs, 1943a, b; Szent-Györgyi, 1931 a j.) v závěrech svých prací docházejí ke schematickému vysvětlení kvalitativních změn obsahu organických kyselin v rostlinách pomocí tak zvaných cyklů organických kyselin. Tyto cykly byly odvozeny nejprve z metabolismu živočišného (holubí sval a pod.), v některých případech i z metabolismu nižších rostlin (bakterie a pod.) a teprve sekundárně byly aplikovány na metabolismus vyšších zelených rostlin. Jednotlivé organické kyseliny těchto schematických cyklů byly u četných rostlin identifikovány a také izolovány.

Uvádíme jeden takový cyklus, označovaný jako Krebsův cyklus (cyklus trikarbonových kyselin), který byl původně odvozen od živočišného metabolismu a později upraven a doplněn, aby odpovídal rostlinnému metabolismu:



Krebsův cykl i jemu podobné cykly jsou jistě velkým přínosem v řešení otázek kvalitativních i kvantitativních změn organických kyselin v rostlinách. Bennett-Clark (1949) ve svém zhodnocení Krebsova cyklu uvádí, že tímto cyklem reakcí lze se vyhnout mnohým námitkám proti vřazení kyseliny citronové do podobných jiných cyklů, protože podle Krebsovy hypotézy není kyselina citronová meziproduktem, nýbrž stojí stranou hlavního řetězce reakcí.

Krebsův cykl, říká Bennet-Clark (l. c.), rovněž pomáhá vysvětlit různé pochody fixace  $\text{CO}_2$ , jež nelze vložít jinými schematickými cykly. Dále Bennet-Clark upozorňuje na to, že cykl trikarbonových kyselin je důležitý pro metabolismus tuků a bílkovin právě tak, jako pro metabolismus glycidů. Avšak Bennet-Clark ve své práci (1949) si neodpouští také poznámky, že jasná identifikace celého enzymatického systému, zapojeného do Krebsova cyklu, nebyla získána ani u jedné rostliny.

Také L v o v (1950) hodnotí Krebsův cykl a mimo jiné uvádí, že bylo pro zastánce starých názorů velkým překvapením, když S z e n t - G y ö r g y i (1931) a K r e b s (1943a, b) zjistili, že v procesu postupné oxidace kyseliny pyrohroznové mají podstatný význam různé organické kyseliny se čtyřmi a šesti atomy uhlíku. V tom je velká zásluha obou badatelů. Tato skutečnost je zajímavá už proto, že mezi těmito kyselinami jsou skoro všechny kyseliny v rostlinách velmi rozšířené. To může mít význam pro řešení vzájemných vztahů kyselin. Jediný Krebs učinil pokus, jak přehledně znázornit proces dýchání začínající kyselinou pyrohroznovou. Toto schéma se opírá o solidní materiál, a proto má mezi současnými biochemiky hodně zastánců. Má však současně i slabá místa, nepodepřená experimentálně, což vyvolává ostré diskuse. Někteří autoři Krebsovo schéma rozhodně odmítají. Krebs sám houževnatě hájí svou koncepci. Ačkoliv byl nucen ve schématu provést některé opravy, jeho základní pojetí se nezměnilo.

Z Krebsova cyklu je vidět, že kyselina pyrohroznová, jako výchozí materiál enzymatických pochodů, reaguje s kyselinou oxaloctovou. Dochází k oxidační kondenzaci a k uvolňování  $\text{CO}_2$ , při čemž vzniká kyselina cis-akonitová. Ta přibírá vodu na jednu dvojnou vazbu a přechází na kyselinu iso-citronovou. Obě kyseliny jsou z řady organických kyselin se šesti uhlíkovými atomy. Kyselina iso-citronová ztrátou dvou vodíků, jež se oxydují na vodu, a dále uvolněním jedné molekuly  $\text{CO}_2$  dává vznik kyselině s pěti uhlíkovými atomy a to kyselině alfa-keto-glutarové. Tato kyselina ještě jednou dekarboxyluje a přijímá atom kyslíku. Tak z ní vzniká kyselina se čtyřmi uhlíkovými atomy, a to kyselina jantarová. Ta pak přes kyselinu fumarovou a jablečnou přechází na kyselinu oxaloctovou, která je schopna ihned reagovat s novou molekulou kyseliny pyrohroznové. Respirační proces dodává neustále nové a nové množství kyseliny pyrohroznové. Tato kyselina prodělává mnoho přeměn a obrazně řečeno se „přemílá“; v určitém okamžiku ztrácí v tomto procesu karboxylový uhlík ve formě  $\text{CO}_2$  a vodík ve formě vody. Jako poslední zplodiny tohoto biologického pochodu jsou tedy kyslík uhlíčitý a voda.

Z kyseliny cis-akonitové vzniká snadno kyselina citronová, a to hydratací vodou na dvojnou vazbu. L v o v (1950) uvádí, že Knoop a Martius (1936, citováno podle Lvova l. c.) získali ze směsi kyseliny pyrohroznové a oxaloctové in vitro v alkalickém prostředí a za přítomnosti peroxydu vodíku kyselinu citronovou a isolovali ji s výtěžkem 35%. Michlin a Kolesnik o v (1947) dokázali, že se kyselina citronová tvoří in vitro v tabákových listech po infiltraci směsí kyseliny pyrohroznové a oxaloctové. Tím byly vlastně po prvé dokázány reakce Krebsova cyklu. V rostlinách byly také zjištěny enzymatické systémy (fumarasa, akonitasa, dehydrasy na kyselinu jablečnou, jantarovou a iso-citronovou). Proto je většina reakcí Krebsova cyklu biologicky možná. Z kyselin, podílejících se na Krebsově cyklu, nebyla v rostlinách dosud zjištěna kyselina cis-akonitová.

V závěru hodnocení Krebsova cyklu Lvov podotýká, že vážnější námitka proti Krebsovu cyklu a jeho teorii je nejasnost v charakteru působení malonátů na dýchání. Malonáty působí jako silný fermentativní „jed“ a inaktivují specificky činnost fumarasy. Za přítomnosti malonátů není kyselina jantarová s to přejít na kyselinu fumarovou. Proto tento dílčí řetěz z Krebsova cyklu vypadne. Dýchání by se tedy mělo zastavit. Skutečně se při provádění pokusů s listy různých rostlin někdy podařilo zjistit nápadně snížení intenzity dýchání; na př. u listů špenátových klesla podle údajů Bonnera a Wildmanna (1946) intenzita dýchání o 90 %. Avšak v mnoha jiných pokusech různí autoři nemohli zjistit negativní působení malonátů na dýchání. Bonner a Wildmann (1946) zjistili, že malonát snižuje dýchání jenom v kyselém prostředí (v rozmezí pH 5 až 5,5). Při aciditě blízké pH 7 jeho vliv mizí. Důvod je ten, že disociační konstanta druhého vodíku kyseliny malonové je 5,3 a proto při dalším stoupání alkality kyselina malonová přechází na dvojnocenný aniont. Ten pak není schopen pronikat do buňky a proto malonát nemůže již negativně působit. Tato okolnost nebyla dříve známa a patrně v tom tkví nesprávnost starších literárních údajů. A Lvov zakončuje tím, že není u nás proto důvodů zavrhnout Krebsovu teorii, avšak musíme přiznat, že má dosud povahu diskusní.

Shrme-li všechny výsledky dosavadních prací v otázkách kvalitativních změn obsahu organických kyselin v rostlinách, vidíme, že jsou velkým přínosem s hlediska biochemického. Dávají možnost nahlédnout do soustavy biochemických reakcí, které v rostlině probíhají v průběhu procesu dýchání. Tak na př. zmíněný a rozvedený Krebsův cyklus vysvětluje kvalitativní změny v obsahu organických kyselin.

Ve své přechozí práci (P e n k a a R y p á č e k, 1952) sledovali jsme změny celkového obsahu organických kyselin v rostlině *Begonia rex*. Zjistili jsme při plynulém jejich sledování, že jejich množství se mění a že je závislé jak na roční době, tak na době denní. Množství organických kyselin v rostlině se rytmicky mění.

V tomto sdělení uvádíme výsledky týchž pokusů a všímáme si kvalitativních změn v obsahu organických kyselin.

## II. Materiál a metoda.

Pro úplnost uvádíme jen krátce uspořádání pokusu s rostlinami *Begonia rex*, var. *Margarette* P u t z. Leon Begon (bližší viz P e n k a a R y p á č e k, 1952). Begonie byly přeneseny do temné místnosti s konstantní teplotou  $20^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$  a vlhkostí  $45\% \pm 2\%$  a rozděleny do 8 skupin po 5 kořenáčích. Tam byly pěstovány po 28 dní a délka dne byla jednotlivým skupinám dávana osvětlováním 100 W žárovkou ze vzdálenosti 65 cm v tomto denním odstupňování:

|             |    |       |            |    |       |                   |
|-------------|----|-------|------------|----|-------|-------------------|
| I. skupina: | 0  | hodin | osvětlena, | 24 | hodin | zatemněna (stále) |
| II.         | 2  | „     | „          | 22 | „     | „                 |
| III.        | 4  | „     | „          | 20 | „     | „                 |
| IV.         | 8  | „     | „          | 16 | „     | „                 |
| V.          | 12 | „     | „          | 12 | „     | „                 |
| VI.         | 16 | „     | „          | 8  | „     | „                 |
| VII.        | 20 | „     | „          | 4  | „     | „                 |
| VIII.       | 24 | „     | „          | 0  | „     | „ (stále)         |

Po příslušné době osvětlení byly jednotlivé skupiny zakrývány plechovým pozinkovaným poklopem s větracími komínky. Řapíky byly odnímány v každém případě jak po uplynulé době osvětlení tak i zatemnění vždy poplatinovaným skalpelem, a to 1., 2., 3., 5., 7., 9., 12., 15., 18., 21., 24. a 28. den pokusu. Z čerstvě odříznutého řapíku byla vylišována šťáva buněčná v ručním lise a zfiltrována. Z toho byly odpipetovány vždy 2 cm a titrovány potenciometricky chinhydronovou elektrodou podle Veibela 0,1 n NaOH.

U begonií, které byly po plných 28 dní současně se skupinou V. denně 12 hod. osvětlovány a 12 hod. zatemňovány, byly 29. den zjišťovány změny v kvalitativním složení organických kyselin během dne. Za světelné expozice byl odebrán první řapík za  $\frac{1}{2}$  hod., za 1 hod., za 2 hod., za 4 hod., za 7 hod. a za 12 hod. osvětlení; během zatemnění pak za  $\frac{1}{2}$  hod., za 1 hod., za 2 hod., za 4 hod., za 7 hod., a za 12 hod. zatemnění. Měření bylo provedeno paralelně na šesti listech.

Vedle těchto pokusů byly begonie pěstovány od května 1949 do července 1950 ve skleníku ústavu a byly sledovány změny v kvalitativním složení organických kyselin po dobu jednoho roku.

Pro ověření všech pokusů byly vždy odpařeny 2 cm šťavy buněčné o známé koncentraci v sušárně při teplotě  $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  a z takto připravených odparků na skleněných plotnách byla pak zjišťována přítomnost jednotlivých organických kyselin krystalografickou metodou. Stejným způsobem byly pro kontrolu připraveny i odparky chemicky čistých kyselin oxalové, malonové, jantarové, jablečné, vinné a citronové.

### III. Výsledky pokusů.

Titrační průběhy šťávy buněčné řapíku *Begonia rex* jsou dány celkovou koncentrací organických kyselin a látek kysele reagujících obsažených ve šťávě buněčné. Koncentraci těchto kyselých látek ve šťávě buněčné lze dobře vyjádřit celkovou aciditou, kterou určuje inflexní bod příslušné titrační křivky, ležící pravidelně při pH 7,5.

Srovnáváme-li získané průběhy titračních křivek šťávy buněčné, zjišťujeme, že jsou buď identifikovatelné s titračním průběhem určité organické kyseliny (oxalové, jablečné, jantarové, malonové a pod.) nebo se směsí těchto organických kyselin v různém poměru (viz tab. 4 a obr. 1 až 6). Z toho vyplývá, že z titračních průběhů šťávy buněčné je možno usuzovat na to, která organická kyselina ve šťávě buněčné o určité koncentraci převládá. Tato skutečnost byla také potvrzena krystalografickým stanovením jednotlivých organických kyselin v odparku šťávy buněčné.

Z titračních křivek šťávy buněčné, kterých jsme v době delší jednoho roku získali přes 2000, vidíme, přihlížíme-li ke grafickému znázornění titračních průběhů, že je lze rozdělit do dvou odlišných skupin:

1. skupina, do které zařazujeme šťávu buněčnou, získanou po respiraci (ke konci noci, zatemnění; viz tab. 1, 2 a 3, obr. 8, 10 a 12),
2. skupina, do které zařazujeme šťávu buněčnou, získanou po asimilaci (ke konci dne, osvětlení; viz tab. 1, 2 a 3, obr. 7, 9 a 11).

K tomuto rozdělení docházíme z toho důvodu, že titrační průběh šťávy buněčné odebrané ke konci respirace a ke konci asimilace o stejné koncentraci není shodný. To znamená, že kvalitativní změny obsahu organických kyselin ve šťávě buněčné, získané po respiraci a po asimilaci, i když jejich celková koncentrace je stejná, jsou odlišné.

Kvalitativní změny obsahu organických kyselin ve šťávě buněčné nejsou však dány jen délkou respirace a délkou fotosynthetické asimilace, nýbrž jsou dány souborem všech vnějších podmínek, v kterých rostlina žije a vyvíjí se. Z toho pak vyplývá, že ani šťáva buněčná o stejné koncentraci nemusí být a není kvalitativně stejná, jestliže byla odebrána v různých časových intervalech po době převládající respirace. Podobně tomu bude i u šťávy buněčné, získané po asimilaci (viz tab. 5 a obr. 13 a 14).

Podíváme-li se, jaké kvalitativní změny organických kyselin ve šťávě buněčné nastaly během údobí jednoho měsíce, pak bychom si toto období mohli rozdělit na tři části. V první části, kdy rostlina je vystavena změněným podmínkám, vytváří si největší koncentrace kyseliny oxalové. V druhé části, kdy rostlina se vyrovnává a přivyká si na změněné podmínky, vytváří si vedle kyseliny oxalové i větší množství kyseliny iso-citronové a jablečné. V třetí části, kdy si rostlina vcelku přivykla na změněné podmínky, vytváří si opět větší koncentraci organických kyselin energeticky chudších, a to kyselinu oxalovou, malonovou, jantarovou a pod.

Pozorujeme-li kvalitativní změny obsahu organických kyselin během roku, pak docházíme k podobnému názoru, a to, že rostlina v těch údobích, kdy potřebuje vynaložit značné množství energie na práci (změny prostředí, zakládání listů, květů a pod.), vytváří si v průběhu převládající respirace dosti značné koncentrace organických kyselin energeticky chudších (oxalová, malonová, jantarová a pod.), v průběhu pak převládající fotosynthetické asimilace

dává vznik organickým kyselinám energeticky bohatším jako, na př. kyselině iso-citronové, citronové a pod.

Kvalitativní změny obsahu organických kyselin ve šťávě buněčné probíhají i během jednoho dne jak v době respirace tak i v době asimilace.

Vědomi si všech těchto skutečností, přesto si můžeme titrační průběhy šťávy buněčné, získané jak po respiraci tak i po asimilaci, odstupňovat podle konečné koncentrace šťávy buněčné, a to:

A) šťáva buněčná získaná, po respiraci

1. koncentrace do 0,06 n, v které převládá koncentrace kyseliny oxalové (viz tab. 1 a obr. 8),
2. koncentrace do 0,12 n, v které převládá koncentrace kyseliny oxalové a jantarové (viz tab. 2 a obr. 10),
3. koncentrace do a nad 0,18 n, v které převládá koncentrace kyseliny oxalové a malonové (viz tab. 3 a obr. 12);

B) šťáva buněčná, získaná po asimilaci

1. koncentrace do 0,06 n, v které převládá koncentrace kyseliny oxalové (viz tab. 1 a obr. 7),
2. koncentrace do 0,12 n, v které převládá koncentrace kyseliny oxalové a iso-citronové (viz tab. 2 a obr. 9),
3. koncentrace do a nad 0,18 n, v které převládá koncentrace kyseliny oxalové, iso-citronové a jablečné (viz tab. 3 a obr. 11).

Toto do značné míry schematické rozdělení vystihuje dosti zřetelně energetické změny, které nastávají ve šťávě buněčné, ať již o stejné nebo různé koncentraci, při různých kvalitativních změnách obsahu organických kyselin.

#### IV. Diskuse.

Dosavadní práce v problematice organických kyselin a látek kysele reagujících, obsažených v rostlinách, naznačily a v mnohých případech přímo ukázaly možnost a směr dalšího řešení ať již otázek vzniku a významu organických kyselin v rostlinách.

Práce *Bennet-Clarkova* (1949) a *Lvovova* (1950), které jsou jedny z největších přínosů v otázkách metabolismu organických kyselin v poslední době, zahrnují mimo jiné i důležité závěry v řešení otázek změn obsahu organických kyselin v rostlinách a závěry kvalitativních změn organických kyselin v rostlinách.

Chceme-li hodnotit naše výsledky, získané v této práci pojednávající o kvalitativních změnách organických kyselin v rostlinách, je nutno, abychom nejdříve uvedli *Bennet-Clarkovy* (1949) i naše závěry dosažené v otázkách změn obsahu organických kyselin (*Penka a Rypáček*, 1952), protože tyto problémy jsou úzce spjaty s problémem kvalitativních změn organických kyselin v rostlinách. *Bennet-Clark* (1949), uvádí, že množství organických kyselin v rostlinách typu *Crassulacei* je vždy větší v době převládající respirace, zatím co ve dne množství organických kyselin v rostlinách tohoto typu poklesá. Tato skutečnost byla dokázána i mnoha jinými autory (*Pucher, Wakeman a Vickery*, 1939a, b; *Rypáček*,

1939a, b, 1940 a j.). Ve své práci z roku 1952 jsme došli k jiným závěrům, a to že obsah organických kyselin v rostlině *Begonia rex*, která respiruje obdobně jako typ rostlin *Crassulacei*, není podmíněn jen mohutností respirace ani jen mohutností asimilace, nýbrž že obsah těchto látek v rostlině se mění zcela rytmicky v souladu se změnami vnějších podmínek, ve kterých rostlina žije, jež si asimiluje a které jsou závislé na jejím vývojovém stupni.

Dále je nutno se pozastavit u *Krebsova cyklu*. *Bennet-Clark* (1949) a *Lvov* (1950) hodnotí *Krebsův cyklus* v celku kladně. *Lvov* říká, že *Krebs* jako jediný učinil pokus, jak přehledně znázornit schématem dýchání začínající kyselinou pyrohroznovou. *Bennet-Clark* pak uvedl, že *Krebsův cyklus* je důležitý pro metabolismus tuků i bílkovin. Je nesporné, že význam *Krebsova cyklu*, přihlíží-li se k biochemismu oxydace glycidů enzymatickým systémem ať již za podmínek aerobních nebo anaerobních na jednotlivé organické kyseliny, je s hlediska theoretického značně veliký. Nesmíme však také zapomenout na nedostatky, které *Krebsův cyklus* má a které mohou ve statickém pojetí otázek kvalitativních změn obsahu organických kyselin v rostlinách vést na scesti nesprávného pojetí a závěrů. Je nutno si uvědomit důležitou a správnou poznámku *Bennet-Clarka* (1949), který ve své práci také podotýká, že jasná identifikace celého enzymatického systému, zapojená do cyklu trikarbonových kyselin, nebyla získána ani u jedné rostliny, ačkoliv jisté složky byly objeveny v různých rostlinách. Důležitá je i *Lvovova* (1950) připomínka, podle níž není důvodu zavrhnout *Krebsovu teorii*, avšak je nutné přiznat, že má *Krebsova* teorie povahu dosud diskusní. Není možno také přehlédnout tu skutečnost, že *Krebsův cyklus* byl nejdříve odvozen od metabolismu živočišného a na metabolismus rostlinný byl aplikován, t. j. přizpůsoben a upraven podle *Krebsovy* teorie (*Krebs*, 1943a, b).

Srovnáváme-li svoje výsledky, získané v této práci s průběhem *Krebsova cyklu*, musíme říci, že po stránce biochemické mu naprosto odpovídají. Odpovídají mu však, přihlížíme-li ke srovnání s hlediska fyziologického. Stejně je tomu, srovnáváme-li výsledky této práce se závěry výsledků prací *Bennet-Clarkových* (1949). V naší práci jsme zjistili, že kvalitativní změny obsahu organických kyselin můžeme konstatovat v průběhu roku nejen ve stejné koncentraci šťávy buněčné, získané po respiraci i po asimilaci, nýbrž i ve stejné koncentraci šťávy buněčné dvou vzorků, získaných po respiraci, jakož i ve stejné koncentraci šťávy buněčné dvou vzorků, získaných po asimilaci. Kvalitativní změny neprobíhají jen v delších údobích (rok, měsíc), nýbrž i v kratších údobích (týden, den, hodina a pod.), a to jak v době převládající respirace, tak i v době převládající fotosyntetické asimilace.

Rostlina v těch údobích, kdy je na příklad ohrožena změnami vnějšího prostředí, nebo kdy si zakládá nové listy, květy a pod., vytváří si za respiračních pochodů dosti velké koncentrace organických kyselin energeticky chudších (oxalová, malonová, jantarová a jiné), v průběhu pak fotosyntetické asimilace si vytváří koncentrace kyselin energeticky bohatších (citronová, iso-citronová a jiné). Kyselina oxalová se vyskytuje v rostlině jak v době respirace tak i v době asimilace. Kvalitativní změny obsahu organických kyselin v rostlině nejsou tedy způsobeny jen mohutností respirace a asimilace, nýbrž souborem (komplexem) všech vnějších podmínek a souborem všech vnitřních podmínek, které se společně zúčastňují všech životních pochodů rostliny v daném okamžiku. Na tyto otázky nám nemůže dát jednoznačnou

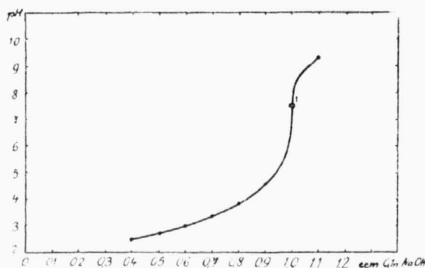
odpověď ani schema Krebsova cyklu (K r e b s, 1943a, b) ani koncepce B e n n e t - C l a r k o v a (1949).

V závěru hodnocení výsledků této práce bychom mohli říci, že kvalitativní změny obsahu organických kyselin v rostlině jsou způsobeny všemi změnami vnějšího prostředí, v kterém rostlina žije a všemi pochody v rostlině, které směřují k pokračování nebo ukončení jednotlivých vývojových fází a stadií. Rostlina si za dne nebo v okamžicích, kdy je ohrožena, produkuje organické kyseliny energeticky bohatší, za noci, nebo v okamžicích, kdy nevykládá mnoho energie, si vytváří organické kyseliny energeticky chudší.

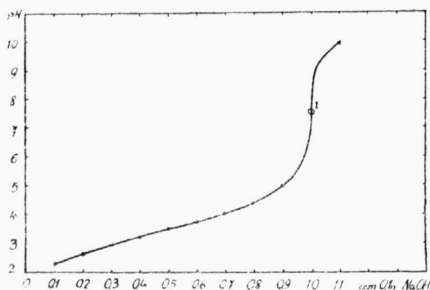
## V. Souhrn.

Byl studován vliv délky dne na kvalitativní změny obsahu organických kyselin v rostlině *Begonia rex* v průběhu vegetační periody. Výsledky ukázaly, že kvalitativní změny obsahu organických kyselin v rostlině jsou způsobeny změnami vnějších a vnitřních podmínek. Rostlina si za dne a v okamžicích, kdy je změnami vnějších a tím i vnitřních podmínek ohrožena, vytváří organické kyseliny energeticky bohatší, v noci pak a v těch údobích, kdy není nucena vynakládat mnoho energie, produkuje organické kyseliny energeticky chudší.

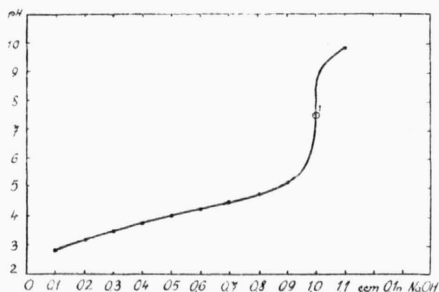
## VI. Obrázky a tabulky.



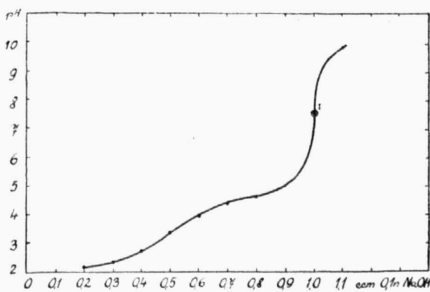
Obr. 1. Titrací průběh kyseliny oxalové. U obr. 1 až 4 je na ose Y nanášena hodnota pH, na ose X jsou nanášeny cm 0,1 n NaOH.



Obr. 2. Titrací průběh kyseliny jablečné.

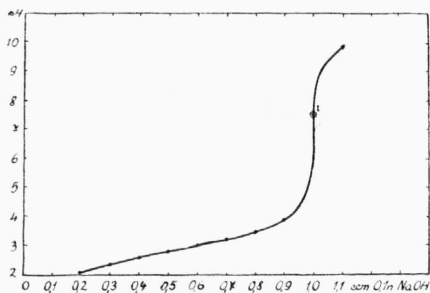


Obr. 3. Titrací průběh kyseliny jantarové.

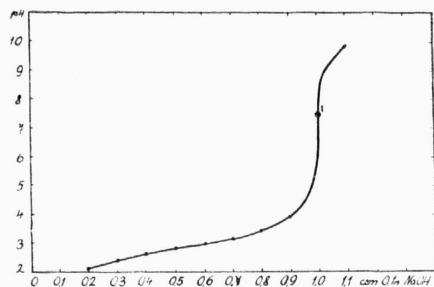


Obr. 4. Titrací průběh kyseliny malonové.

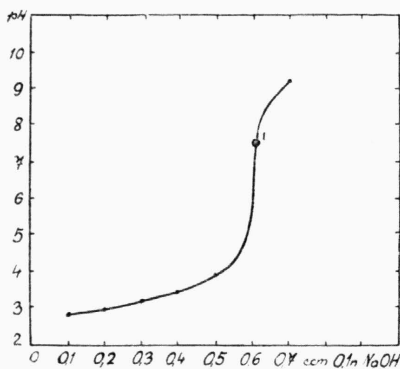




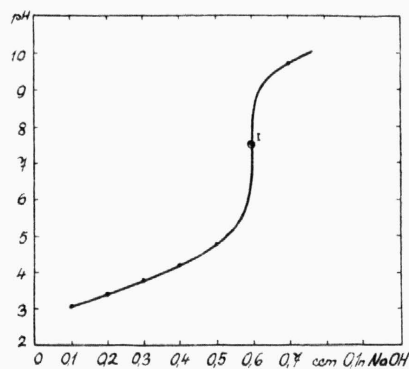
Obr. 5. Titrační průběh kyseliny citronové.



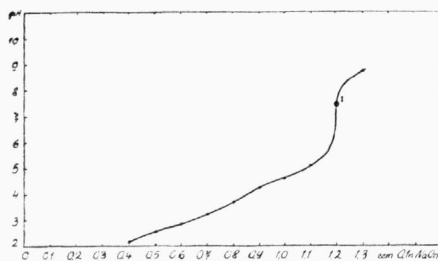
Obr. 6. Titrační průběh kyseliny vinné.



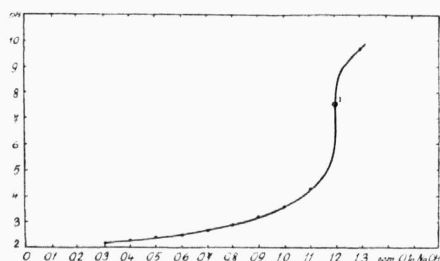
Obr. 7. Titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 2 hod. osvětlení.



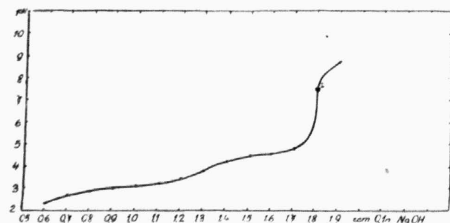
Obr. 8. Titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 20 hod. zatemnění.



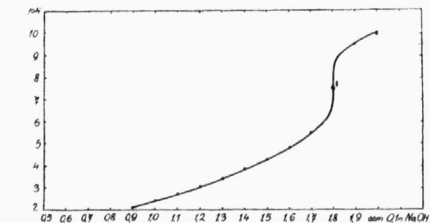
Obr. 9. Titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 8 hod. osvětlení.



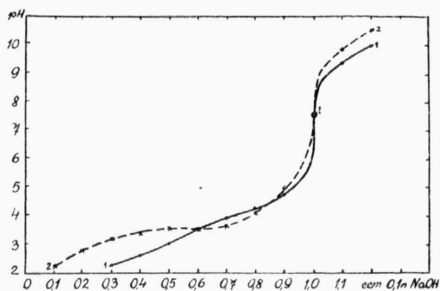
Obr. 10. Titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 12 hod. zatemnění.



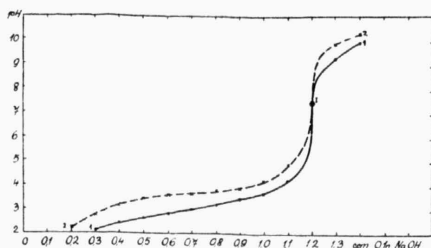
Obr. 11. Titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 16 hod. osvětlení.



Obr. 12. Titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 2 hod. zatemnění.



Obr. 13. Křivka, vytažená plně (1), znázorňuje titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 4 hod. osvětlení, křivka čárkovaně vytažená (2) znázorňuje titrační průběh šťávy buněčné, získané po 20 hod. osvětlení.



Obr. 14. Křivka, vytažená plně (1), znázorňuje titrační průběh šťávy buněčné řapíku *Begonia rex*, získané po 22 hod. zatemnění, křivka čárkovaně vytažená (2) znázorňuje titrační průběh šťávy buněčné, získané po 4 hod. zatemnění.

Tab. 1. Titrační hodnoty šťávy buněčné řapíku *Begonia rex* o koncentraci 0,06 n

| Šťáva buněčná získaná po 2 hodinách osvětlení<br>2. den pokusu (14. X. 1949) |      | Šťáva buněčná získaná po 20 hodinách zatemnění<br>2. den pokusu (14. X. 1949) |      |
|--|------|---|------|
| ccm 0,1 n NaOH   | pH   | ccm 0,1 n NaOH  | pH   |
| 0,1  | 3,06 | 0,1   | 2,80 |
| 0,2  | 3,42 | 0,2   | 2,96 |
| 0,3  | 3,83 | 0,3   | 3,14 |
| 0,4  | 4,18 | 0,4   | 3,36 |
| 0,5  | 4,84 | 0,5   | 3,81 |
| 0,6  | 7,77 | 0,6   | 7,85 |
| 0,7  | 9,78 | 0,7   | 9,19 |

Tab. 2. Titrační hodnoty šťávy buněčné řapíku *Begonia rex* o koncentraci 0,12 n

| Šťáva buněčná získaná po 4 hod. osvětlení<br>2. den pokusu (14. X. 1949) |      | Šťáva buněčná získaná po 20 hod. zatemnění<br>3. den pokusu (15. X. 1949) |      |
|--|------|---|------|
| ccm 0,1 n NaOH   | pH   | ccm 0,1 n NaOH  | pH   |
| 0,4  | 2,23 | 0,3   | 2,18 |
| 0,5  | 2,61 | 0,4   | 2,22 |
| 0,6  | 2,83 | 0,5   | 2,32 |
| 0,7  | 3,24 | 0,6   | 2,49 |
| 0,8  | 3,71 | 0,7   | 2,68 |
| 0,9  | 4,26 | 0,8   | 2,81 |
| 1,0  | 4,68 | 0,9   | 3,20 |
| 1,1  | 5,07 | 1,0   | 3,54 |
| 1,2  | 7,78 | 1,1   | 4,28 |
| 1,3  | 8,81 | 1,2   | 7,83 |
|  |      | 1,3   | 9,77 |

Tab. 3. Titrační hodnoty šťávy buněčné řapíku *Begonia rex* o koncentraci 0,18 n

| Šťáva buněčná získaná po 20 hod.<br>osvětlení<br>5. den pokusu (17. X. 1949) |      | Šťáva buněčná získaná po 16 hod.<br>zatemnění<br>2. den pokusu (14. X. 1949) |      |
|--|------|--|------|
| ccm 0,1 n NaOH   | pH   | ccm 0,1 n NaOH   | pH   |
| 0,6  | 2,34 | 0,9  | 2,21 |
| 0,7  | 2,69 | 1,0  | 2,42 |
| 0,8  | 2,87 | 1,1  | 2,67 |
| 0,9  | 3,02 | 1,2  | 3,03 |
| 1,0  | 3,08 | 1,3  | 3,46 |
| 1,1  | 3,16 | 1,4  | 3,82 |
| 1,2  | 3,47 | 1,5  | 4,31 |
| 1,3  | 3,72 | 1,6  | 4,77 |
| 1,4  | 4,26 | 1,7  | 5,51 |
| 1,5  | 4,53 | 1,8  | 7,82 |
| 1,6  | 4,62 | 1,9  | 9,59 |
| 1,7  | 4,84 |  |      |
| 1,8  | 7,63 |  |      |
| 1,9  | 8,72 |  |      |

Tab. 4. Titrační hodnoty organických kyselin

| Kyselina oxalová |      | Kyselina jablečná |      | Kyselina jantarová |      |
|------------------|------|-------------------|------|--------------------|------|
| ccm 0,1 n NaOH   | pH   | ccm 0,1 n NaOH    | pH   | ccm 0,1 n NaOH     | pH   |
| 0,4              | 2,48 | 0,1               | 2,23 | 0,1                | 2,82 |
| 0,5              | 2,67 | 0,2               | 2,61 | 0,2                | 3,21 |
| 0,6              | 3,00 | 0,3               | 2,99 | 0,3                | 3,49 |
| 0,7              | 3,32 | 0,4               | 3,30 | 0,4                | 3,78 |
| 0,8              | 3,75 | 0,5               | 3,50 | 0,5                | 4,01 |
| 0,9              | 4,60 | 0,6               | 3,75 | 0,6                | 4,19 |
| 1,0              | 7,64 | 0,7               | 4,00 | 0,7                | 4,47 |
| 1,1              | 9,25 | 0,8               | 4,36 | 0,8                | 4,79 |
|                  |      | 0,9               | 4,98 | 0,9                | 5,12 |
|                  |      | 1,0               | 7,95 | 1,0                | 8,02 |
|                  |      | 1,1               | 9,80 | 1,1                | 9,87 |

| Kyselina malonová |      | Kyselina citronová |      | Kyselina vinná |      |
|-------------------|------|--------------------|------|----------------|------|
| ccm 0,1 n NaOH    | pH   | ccm 0,1 n NaOH     | pH   | ccm 0,1 n NaOH | pH   |
| 0,2               | 2,13 | 0,2                | 2,08 | 0,2            | 2,12 |
| 0,3               | 2,34 | 0,3                | 2,36 | 0,3            | 2,41 |
| 0,4               | 2,65 | 0,4                | 2,62 | 0,4            | 2,66 |
| 0,5               | 3,46 | 0,5                | 2,79 | 0,5            | 2,78 |
| 0,6               | 3,98 | 0,6                | 3,05 | 0,6            | 2,94 |
| 0,7               | 4,49 | 0,7                | 3,16 | 0,7            | 3,17 |
| 0,8               | 4,69 | 0,8                | 3,57 | 0,8            | 3,42 |
| 0,9               | 5,02 | 0,9                | 3,89 | 0,9            | 3,88 |
| 1,0               | 7,83 | 1,0                | 7,84 | 1,0            | 7,62 |
| 1,1               | 9,86 | 1,1                | 9,85 | 1,1            | 9,86 |

Tab. 5. Titrační hodnoty šťávy buněčné řapíku *Begonia rex* o stejných koncentracích

| Koncentrace 0,1 n šťávy buněčné získané            |      |  |      |
|--|------|--|------|
| po 4 hod. osvětlení<br>1. den pokusu (13. X. 1949) |      | po 12. hod. osvětlení<br>1. den pokusu (13. X. 1949) |      |
| cem 0,1 n NaOH                                     | pH   | cem 0,1 n NaOH                                       | pH   |
| 0,3  | 2,32 | 0,1  | 2,21 |
| 0,4  | 2,64 | 0,2  | 2,65 |
| 0,5  | 3,02 | 0,3  | 3,14 |
| 0,6  | 3,53 | 0,4  | 3,42 |
| 0,7  | 3,95 | 0,5  | 3,56 |
| 0,8  | 4,21 | 0,6  | 3,61 |
| 0,9  | 4,75 | 0,7  | 3,75 |
| 1,0  | 7,68 | 0,8  | 4,04 |
| 1,1  | 9,34 | 0,9  | 4,89 |
|  |      | 1,0  | 7,86 |
|  |      | 1,1  | 9,81 |

| Koncentrace 0,12 n šťávy buněčné získané             |      |  |      |
|--|------|--|------|
| po 12 hod. zatemnění<br>15. den pokusu (27. X. 1949) |      | po 24 hod. zatemnění<br>15. den pokusu (27. X. 1949) |      |
| cem 0,1 n NaOH                                       | pH   | cem 0,1 n NaOH                                       | pH   |
| 0,3  | 2,16 | 0,2  | 2,18 |
| 0,4  | 2,41 | 0,3  | 2,68 |
| 0,5  | 2,63 | 0,4  | 3,08 |
| 0,6  | 2,82 | 0,5  | 3,41 |
| 0,7  | 3,02 | 0,6  | 3,56 |
| 0,8  | 3,31 | 0,7  | 3,63 |
| 0,9  | 3,56 | 0,8  | 3,76 |
| 1,0  | 3,71 | 0,9  | 3,98 |
| 1,1  | 4,32 | 1,0  | 4,18 |
| 1,2  | 7,76 | 1,1  | 4,82 |
| 1,3  | 9,35 | 1,2  | 7,85 |
|  |      | 1,3  | 9,92 |

#### Literatura.

- Bennet-Clark T. A.: The metabolism of succulent plants. Thesis Cambridge univ., 1930.  
 Bennet-Clark T. A.: New phytol., 32 : 53; 1933.  
 Bennet-Clark T. A.: Annual review of biochemistry, roč. 1949: 639; 1949.  
 Bonner J. and S. G. Wildman: Arch. of biochemistry, 10 : 497; 1946.  
 Czapek F.: Biochemie der Pflanzen, 2. Aufl., 3. Bd., Jena, 1921.  
 Kostyčev S. P.: Pflanzenatmung, Berlin, 1924.  
 Kostyčev S. P.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, 1. u. 2. Bd., Berlin, 1926 und 1931.  
 Krebs H.: Advances in Enzymology, 3 : 191; 1943a.  
 Krebs H.: Ann. Rev. Biochem., 12 : 529; 1943b.  
 Lvov S. D.: Osnovnye napravlenija v istoričeskom razvitii o dychanii rastenij, Izd. Akad. Nauk SSSR, Moskva, 1950.  
 Michlin O. M. i P. A. Kolesnikov: Biochemija, 12(5) : 452; 1947.  
 Molisch H.: Mikrochemie der Pflanzen, 3. Aufl., Jena, 1921.  
 Oparin A. N.: Biochemija, 2 : 135; 1937.  
 Palladin V. I.: Ber. d. deutsch. bot. Ges., 5 : 325; 1887.

- Palladin V. I.: Mitt. d. Akad. d. Wiss., Petersburg, roč. 1916 : 937; 1916.  
 Penka M. a V. Rypáček: Práce Moravskoslez. akad. věd přír., 24 : 33; 1952.  
 Pucher G. W., A. J. Wakeman and H. B. Vickery: Plant Physiology, 14 : 333; 1939a.  
 Pucher G. W., A. J. Wakeman and H. B. Vickery: Journ. Biol. Chem., 119 : 523; 1939b.  
 Rypáček V.: Planta, 29 : 617; 1939a.  
 Rypáček V.: Příroda, 32 : 156; 1939b.  
 Rypáček V.: Studia Bot. čechica, 3 : 80; 1940.  
 Szent-Györgyi A.: Journ. Biol. Chem., 90 : 385; 1931.  
 Tunmann O. und L. Rosenthaler: Pflanzenmikrochemie. 2. Aufl., Berlin, 1931.

М. Пенка и В. Рипачек:

### **Влияние длины дня на качественные изменения органических кислот в содержании сока клеточного растения *Begonia rex*.**

Изучалось влияние длины дня на качественные изменения содержания органических кислот в растении *Begonia rex* в течение вегетативного периода. Результаты показали, что качественные изменения содержания органических кислот в растении обусловлены изменениями внешних и внутренних условий. Растения днем и в моменты, когда находится под угрозой внешних, а тем и внутренних условий, образует органические кислоты довольно богатые энергетически, ночью же и в те часы, когда не приходится расходовать много энергии, производит органические кислоты более бедные энергетически.

M. Penka and V. Rypáček:

### **The influence of the Day-length on the qualitative Changes of the organic Acids in the cellular juice of the Plant *Begonia rex*.**

It was studied the influence of the day-length on the qualitative changes of the organic acids content in the plant *Begonia rex* during the vegetation period. The results of the experiments showed, that the qualitative changes of the organic acids content in the plant were caused by the changes of the external and internal conditions. The plant produces the organic acids more rich in energy during the day and in the unfavourable external and internal conditions. When the plant needs not much energy and during the night, it produces the organic acids which are poor in energy.