

Werk

Titel: Botanica

Jahr: 1963

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?312899653_0008|log14

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

[Acta F. R. N. Univ. Comen. VIII, 11.—12. — Botan. 1963]

ACTA
FACULTATIS RERUM NATURALIUM
UNIVERSITATIS COMENIANAE

TOM. VIII. FASC. XI, XII.

BOTANICA

PUBL. XI

1964

SLOVENSKÉ PEDAGOGICKE NAKLADATELSTVO BRATISLAVA

7

REDAKČNÝ KRUH:

Prof. Dr. O. FERIANC
Doc. Dr. J. FISCHER

Prof. Ing. M. FURDÍK
Doc. Dr. M. GREGUŠ, C. Sc.
Prof. Dr. J. A. VALŠÍK

REDAKČNÁ RADA:

Prof. Dr. M. Dillinger
Doc. Dr. J. Gulíčka, C. Sc.
Doc. Dr. R. Herich
Doc. Dr. J. Hladík
Doc. Dr. A. Huťa, C. Sc.
Doc. Dr. M. Kolibiar
Člen korešp. SAV prof. Dr. M. Koněček
Doc. Dr. L. Korběl
Doc. Dr. J. Leška, C. Sc.
Doc. L. Kováč, C. Sc.

Doc. M. Mrečiak
Doc. Dr. J. Májovský
Člen korešp. SAV prof. Dr. E. Pastýrik
† Prof. Dr. J. Srb
Prof. Ing. S. Stankoviánsky
Doc. V. Sutoris, C. Sc.
Doc. Dr. M. Sypták
Doc. Dr. T. Šalát, C. Sc.
Doc. V. Usačev
Doc. Dr. Št. Veis, C. Sc.

Просим обмена публикаций
Austausch von Publikationen erbeten
Prière d'échanger des publications
We respectfully solicit the exchange of publications
Se suplica el canje de publicaciones

Vplyv X-lúčov na prvé vývinové fázy kukurice

K. ERDELSKÝ

Roku 1895 pri štúdiu katódových lúčov sa podarilo profesorovi fyziky na Univerzite vo Würzburgu Wilhelmovi Konrádovi Röntgenovi objaviť nové lúče, ktoré vyvolávali fluorescenciu na vrstve kyanidu platnatobárnateho, prechádzali na rozdiel od katódových lúčov hrubou vrstvou papiera, boli zadržované kovom a pôsobili na emulziu fotografickej platne. Pri ich štúdiu zistil možnosti využitia vo fotografii a dal základ röntgenovania v lekárskej diagnostike. Teraz, po vyše šesťdesiatročnom odstupe môžeme už veľmi dobre ohodnotiť význam tohto veľkého objavu. Okrem lekárov obrátili svoj záujem na biologické účinky týchto lúčov a možnosť ich využitia tiež botanici s fyziologickým zameraním. Význam dôležitosti riešenia biologických účinkov ionizujúceho žiarenia vystúpil do popredia najmä v poslednom desaťročí, hoci záujem o túto otázku bol už veľmi dávno. Najviac sa zaujímali o tieto otázky v oblasti fyziológie rastlín okolo roku 1927, potom záujem poklesol a vystúpil do popredia dnes, pri priamom využívaní jadrovej energie a širokom používaní rádioaktívnych izotopov a žiarenia v biologickom výskume, poľnohospodárstve, záhradníctve pri získavaní výhodných mutácií, skladovaní, sterilizácii a pod.

Popri sledovaní praktických otázok má veľký význam najmä vyriešenie teoretických otázok fyziologického charakteru. Pre riešenie týchto otázok je veľmi vhodný a prístupný rastlinný materiál, kde má biológia a biochémia veľké možnosti. Zdôrazňuje to vo svojich prácach Kuzin, Ejduš, Straševská 1955, Kursanov 1954, Šestakov, Ivanova a Šmelkova 1955. Je to predovšetkým vyjasnenie mechanizmu prvotných fyziologických a biochemických zmien prebiehajúcich v rastlinnom organizme ako odpoveď na ožiarenie (Čeliščev a Mogilevkin 1957). Takto bol daný základ novému odvetviu biochémie tzv. radiačnej biochémie, ktorá rieši prvotné biochemické reakcie, prebiehajúce pri požití rôznych druhov žiarenia v organizme (Nickson 1952 a Comar 1955). Podľa Budnickej 1957 môžeme rozdeliť doteraz vykonané práce o účinku ionizačného žiarenia na rastlinný organizmus do štyroch hlavných skupín:

1. sledovanie stimulačného účinku žiarenia na klíčenie vyšších rastlín, úrodu a bunkové delenie,
2. sledovanie morfológických zmien,
3. štúdium genetických zmien,
4. štúdium narušenia výmeny látok v rastlinách po ožiarení, t. j. sledovanie biochemických zmien vyvolaných žiarením.

Problém biologického účinku ionizačného žiarenia je jedným z vedúcich problémov dnešnej vedy. V súčasnosti je ionizačná radiácia novým vážnym faktorom vonkajšieho

prostredia, vplývajúcim na organizmy, ktoré nie sú k tomuto prispôsobené. Od úrovne riešenia základných otázok vplyvu žiarenia na organizmus bude závisieť nielen vývin biológie, ale v rade problémov aj smer technického využitia atómovej energie.

V predloženej práci sme sa zamerali na sledovanie týchto fyziologických zmien vyvolaných ionizačným žiarením:

1. dĺžka
 - a) koleoptíl
 - b) koreňov
 2. morfológické zmeny ožiarených rastlín
 3. spektrum a kvantitatívne pomery voľných aminokyselín v
 - a) koleoptilách
 - b) koreňoch
 - c) semenách
 4. hladina redukujúcich látok v
 - a) koleoptilách
 - b) koreňoch
 - c) semenách
 5. hladina redukujúcich látok po hydrolýze s kyselinou šťaveľovou v
 - a) koleoptilách
 - b) koreňoch
 - c) semenách
 6. spektrum voľných glycidov v
 - a) koleoptilách
 - b) koreňoch
 - c) semenách
 7. kvantitatívne hodnotenie obsahu glukózy
 8. kvantitatívne hodnotenie obsahu fruktózy
 9. kvantitatívne hodnotenie obsahu sacharózy
 10. dynamika rastových a inhibičných látok

a) v neutrálnej frakcii b) v kyslej frakcii	$\left. \begin{array}{l} 7. \\ 8. \\ 9. \end{array} \right\} \text{ v } \left\{ \begin{array}{l} a) \\ b) \\ c) \end{array} \right.$	a) koleoptilách b) koreňoch c) semenách
--	--	---
- sledovaná v celých rastlinách.

Lieto zmeny sme sledovali v tretí a piaty deň po ožiarení. Rastové látky sme analyzovali tiež okamžite po ožiarení, aby sme získali presnejší obraz o ich dynamike.

Literárny prehľad

Hneď po objavení röntgenových lúčov sa pozornosť biológov obrátila na účinky, ktoré vyvolávajú v organizme. Roku 1896 publikuje Schöber tri mesiace po zverejnení objavu X-lúčov výsledky o ich pôsobení na rastovú reakciu rastlinných pletív. Od jeho vystúpenia sa nahromadilo o účinku a mechanizme ionizačného žiarenia na rastliny veľké množstvo poznatkov. Výsledky sú zhrnuté vo viacerých obsažných súborných dielach (Duggar 1936, Hollaender 1954, 1956, Sauberer, Härtel 1959, Gunckel, Sparrow 1961, Vasiljev 1962). Literatúra do r. 1955 je zhrnutá v práci Sparrow 1958.

Ukázalo sa, že mechanizmus prvotného účinku radiácie môže prebiehať dvoma spôsobmi. Táto problematika je podrobne prediskutovaná v práci Lea 1955.

a) *Priamym pôsobením* žiarivej energie, keď absorpciou energie prichádza k účinku na molekuly látok.

b) *Nepriamym pôsobením*. Každá živá hmota bezpodmienečne obsahuje vodu. Pri pôsobení žiarenia na vodu prichádza k jej radiolýze a vznikajú aktívne radikály. Tieto aktívne radikály reagujú s molekulami rozpustených látok a vznikajú prvé radiačné chemické reakcie. Pri nepriamom pôsobení ionizačného žiarenia môžeme rozoznávať tri etapy.

Fyzikálnu etapu, keď v živom systéme vznikajú ionizácie, prichádza k štepeniu životne dôležitých molekúl a vznikajú prvé aktívne radikály.

Chemickú etapu, ktorá nie je zviazaná priamo s účinkami radiácie a vyznačuje sa reakciou medzi aktívnymi radikálmi a fragmentáciou zložitých organických molekúl. V tejto etape môžeme zaznamenať vznik organických peroxydov.

Biologickú etapu, keď fyzikálne a chemické premeny vedú k zmene jednotlivých stránok životaschopnosti.

Tieto dva spôsoby účinku ionizačného žiarenia na živú hmotu sa môžu navzájom prelínať a je veľmi ťažko určiť, či konečný efekt je výsledkom priameho alebo nepriameho pôsobenia. Konečný výsledok, ktorý dostaneme ako reakciu na ožiarenie, je však do značnej miery závislý od toho, či radiácia pôsobila priamo, alebo nepriamo.

Podľa materiálu, s ktorým pracujeme pri výskume účinkov ionizačného žiarenia na živú hmotu, rozdeľujeme práce na tri skupiny (Pasynskij, Demin 1960).

1. Sledovania na izolovaných látkach alebo enzymatických systémoch (zahrňujú bežné biochemické pokusy s extraktami alebo homogenátmi pletív).
2. Sledovania na úrovni bunky alebo pletiva.
3. Sledovania na celých mnohobunkových organizmoch.

Toto rozdelenie je nutné z toho dôvodu, že ionizačné žiarenie pôsobí úplne inak na jednotlivé systémy ako na celok – organizmus.

Veľmi významná je teória vzniku špecifických inhibičných toxických látok v živom organizme pod účinkom žiarenia, ktorá predpokladá, že tieto látky potom druhotne pôsobia na organizmus. V súvislosti s touto teóriou sa riešila aj otázka stimulácie rastlín (Johnson 1936). Predpokladá sa totiž, že toxíny v malých dávkach môžu pôsobiť na živú hmotu dráždivo a urýchliť niektoré životné procesy.

Otázka stimulácie účinkami ionizačného žiarenia upútala už Lopriorea 1898, ktorý zistil reprodukovateľné urýchlenie pohybu plazmy v ožiarенých bunkách.

Pod pojmom *radiačná stimulácia* sa rozumejú také zmeny vyvolané ionizačným žiarením, ktorých výsledkom je urýchlenie rastu a diferenciácie, zväčšenie biomasy, zvýšenie rezistencie oproti nepriaznivým účinkom vonkajšieho prostredia, zvýšenie úrody semien.

O stimulačnom účinku ionizačného žiarenia na rastliny sa nahromadilo veľké množstvo dokladového materiálu. Pretože však zriedkakedy výsledky reprodukovali viacerí autori, môžeme pracovníkov rozdeliť do troch skupín.

V prvej skupine sú pracovníci, ktorí na základe svojho dokladového materiálu stimuláciu popierajú (Perthes 1904, Guilleminot 1901, 1907, 1908, Schwarz, Czepa a Schindler 1923, Martius 1924, Gambarov 1925, Lallemant 1929 a iní).

V druhej skupine sú pracovníci, ktorí vysvetľujú stimuláciu na základe porušenia normálnych korelačných vzťahov v rastline. Napr. keď dekapitujeme u hrachu jeden kľúčny list a rastový vrchol, vyrastie z pazuchy dekapitovaného kľúčneho listu nová os (Dostál 1909). Podobne keď rastliny ožiarime, začnú vyrastať spiace púčiky, nie však následkom ich stimulácie ionizačným žiarením, ale následkom zásahu do kore-

lačných vzťahov rastliny. Na podobnom základe vysvetľoval stimuláciu Bersa 1926, v pokusoch s kukuricou. Zistil, že bunky hypokotylu sú menej citlivé na ožiarenie ako bunky korienka. Ak je korienok veľmi poškodený, nedostatok príjmu vody vplýva aj na vývin hypokotylu. Slabé ožiarenie však nevplýva na zásobenie rastliny vodou. Korienok si ponecháva absorpčnú funkciu, zásobuje rastlinu vodou a živinami, ale pretože je poškodený, neprijíma látky idúce zo zásobných pletív. Tieto potom prekrmujú hypokotyl na úkor korienka. Neprichádza tu potom k stimulácii hypokotylu, ale k porušeniu korelácie medzi korienkom a ostatnými časťami rastliny v závislosti od röntgencitlivosti jednotlivých orgánov a pletív. Podobné poruchy normálnej korelácie rastu a vývinu u mladých rastlín ovsu si všimol Sierp a Robberts 1922. Iné práce zase potvrdzujú stimuláciu, ihneď za stimuláciou však konštatujú inhibíciu a konečný efekt je u ožiarených aj u kontrolných rastlín rovnaký (Geller 1924, Holzknacht 1923, Pordes 1923, 1925, Iven 1925, Ancel 1925, Dittrich, Riedel a Schubert 1949).

Tretia skupina pracovníkov vo svojich pokusoch preukázala stimulačný účinok a odporúča používať stimuláciu priamo v poľnohospodárskej praxi (Stoklasa a Penkava 1932, Breslavcová so spolupracovníkmi zhrnuté v monografii Breslavcová 1946, Sax 1955, Timofeev—Resovskij, Porjadkova, Makarova a Preobraženskij 1957, Timofeev—Resovskij, Lučnik 1958, 1960, Hončariv 1959, Porjadkova, Makarov a Kulikov 1960).

Teóriu stimulačného účinku ionizačného žiarenia veľmi podrobne rozpracoval Timofeev—Resovskij a Lučnik 1960. Na množstve rastlinného materiálu dokázali preukazný stimulačný účinok u trinástich rastlinných druhov na veľkých pokusných poliach. Najlepšie výsledky dosiahli pri namáčaní semien do roztoku zmesi produktov delenia uránu. Stimulačný účinok ako výsledok pôsobenia malých množstiev toxických látok v pletivách rastlín v podstate neodmietli. Udvávajú, že pôsobením malých dávok môžu vzniknúť produkty denaturácie bielkovín a „cudzorodé“ molekuly, ktoré sú na začiatku refázy reakcie, ktorej výsledkom je stimulácia. Pri cytologickej biofyzikálnej analýze zistili, že u stimulačných rastlín sa nápadne zvyšuje počet buniek so symetrickou dvojjadernosťou, že priemer buniek je menší, u inhibičných zase naopak väčší oproti kontrole. Všetky stimulované rastliny sa vyznačujú zvýšenou mitotickou aktivitou. Pri analýze jednotlivých fáz mitózy pozorovali, že nápadne stúpa počet profáz. Zväčšenie počtu profáz nie je spôsobené blokovaním prechodu od profázy k metafáze, ale urýchlením prechodu od interfázy k profáze. Uzatvárajú preto, že stimulácia je výsledkom niektorého pochodu prebiehajúceho v interfáze. Timofeev—Resovskij a Lučnik predpokladajú, že ide o urýchlenie syntézy kyseliny dezoxyríbonukleovej v interfáze.

Podobne nie sú ešte v podstate vysvetlené letálne účinky žiarenia na rastlinu. Je nahromadené množstvo dokladového materiálu, ktorý rieši otázku raz z jednej raz z druhej strany, celkový obraz o príčine a priebehu odumretia však nemáme. Škodlivé účinky ionizačného žiarenia na rastlinu môžeme zhruba rozdeliť na dva typy:

- a) *Genetické zmeny*, kde použitie dávok vyvoláva chromozómové aberácie.
- b) *Somatické zmeny*, kde je zvlášť dôležitý vplyv na mitotickú aktivitu.

Treba zdôrazniť, že poruchy v organizme nemôžeme porovnávať s rádiocitlivosťou jednotlivých systémov a len veľmi ťažko môžeme porovnávať účinky v podmienkach *in vitro* s účinkami *in vivo*. Na účinky v živom organizme sa musíme pozeráť ako na hlboké narušenie látkovej výmeny (Sisakjan 1955).

Podobne ako u živočíchov môžeme hovoriť o chorobe z ožiarenia, tak isto poznáme aj chorobu z ožiarenia u rastlín. Táto sa vyznačuje niektorými zvláštnosťami. Predo-

všetkým je dôležité si všimnúť, že najcitlivejším procesom na ožiarenie je rast. Rastliny spomalia alebo zastavia rast, pričom ostatné fyziologické procesy ostávajú zachované. Je bežne známe, že morfológické a rastové zmeny rastlín majú úzky vzťah ku kvalitatívnym a kvantitatívnym premenám v biosyntéze rastových látok, najmä heteroauxínu. Z tohto dôvodu majú veľký význam práce Skooga 1935, ktoré sa zaoberajú vplyvom ionizačného žiarenia na heteroauxín, a najmä práce Gordona 1955 o vplyve žiarenia na jeho biosyntézu.

Priebeh choroby z ožiarenia u rastlín podrobne rozpracoval vo viacerých prácach Vasiljev so spolupracovníkmi 1960, 1962.

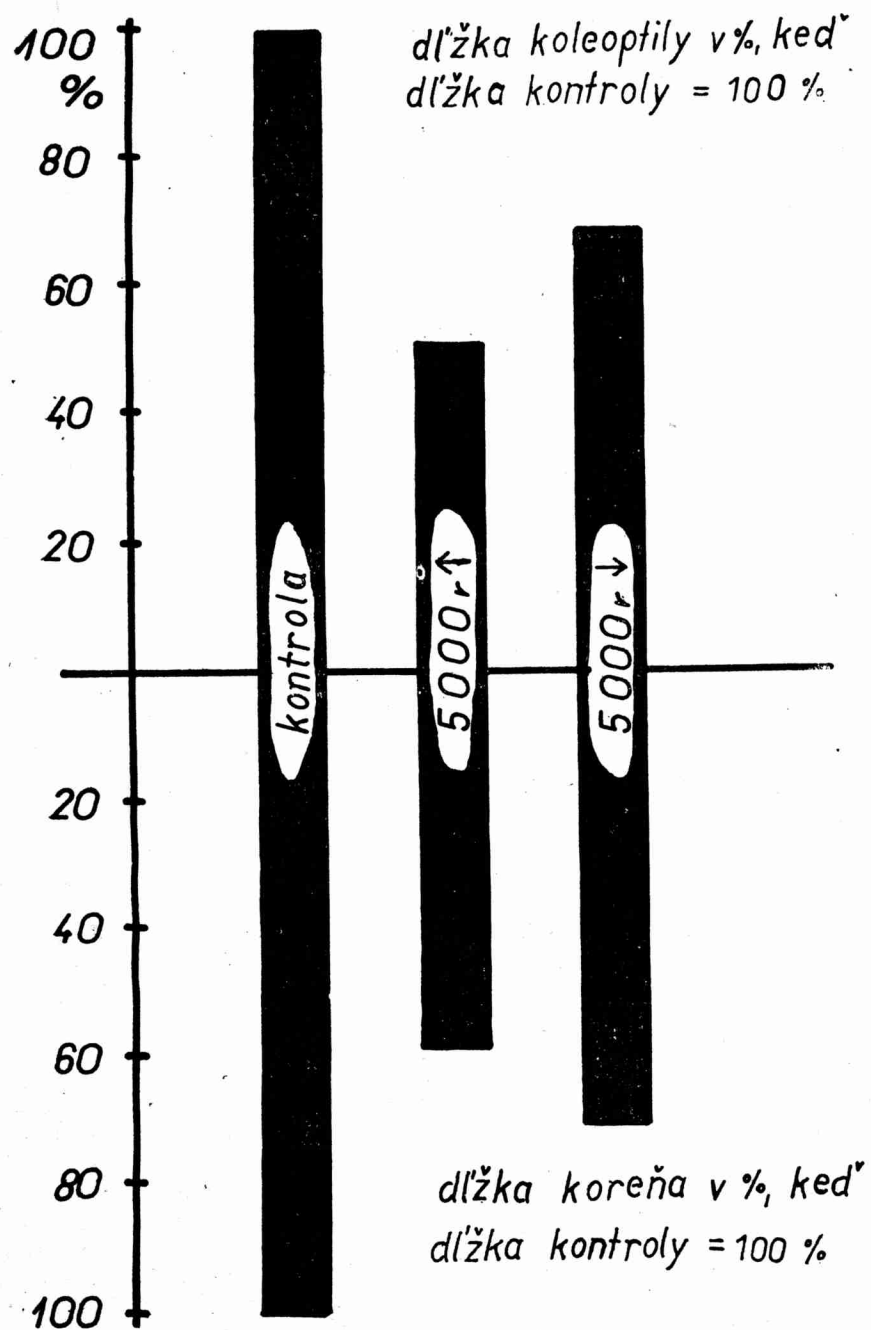
Je zaujímavé, že okamžitá smrť rastlinného organizmu nenastáva ani pri takých vysokých dávkach, ako sú dávky až niekoľko miliónov r (Sussman 1953). U rastlín ožiarených tými najsilnejšími dávkami možno pozorovať, že prichádza naďalej ku predlžovaniu. Pri anatomicom vyšetrení sa však ukázalo, že toto predlžovanie sa nedeje na úkor delenia buniek, ale následkom ich vakuolizácie. Meristematické bunky sa deštruujú a menia sa na bunky vakuolizované (Vasiljev, Maslova 1959).

Následkom tejto deštrukcie meristematických buniek sa zastavuje rast, ale ostatné fyziologické procesy pokračujú. Výsledkom je potom hromadenie cukrov, najmä sacharózy (Vasiljev, Rybalka, Ciň, Su-Juň 1958), ako aj aminokyselín s bielkovinami (Vasiljev, Maslova, Parfenova 1960) a minerálnych látok. Všetky tieto nenormálnosti sú typické pre choroby z ožiarenia, nie sú však zapríčinené priamo žiarením. Ako príčinu smrti uvádza narušenie korelačných vzťahov normálnych fyziologických procesov. Smrť rastliny môže potom zapríčiniť jej prekrmenie zásobnými plastickými látkami, ktoré sa stávajú škodlivým balastom. Odčerpaním zásobných látok z koreňa sa Vasiljevovi podarilo rast koreňov obnoviť.

Z možných spôsobov použitia žiarenia spomenieme ešte použitie lúčov ako zámerného zásahu do korelačných vzťahov v rastline. Na základe rôznej citlivosti jednotlivých častí rastliny oproti žiareniu vyradíme ožiarení jeden systém, pričom ostatné procesy môžu prebiehať ďalej. Tak je napr. možné nahradiť ožiarení operatívne odstránenie dominantného pupeňa. Inhibičný vplyv dominantného pupeňa na axilárne pupene v úžľabí kľúčnych listov zrušíme ožiarení, pričom orgán ostáva na svojom mieste na rastline. Tento zásah môžeme označiť ako „funkčné vyradenie“ a považujeme ho za perspektívny pri riešení základných otázok vo fyziológii rastlín.

Materiál a metodika

Zdroj X-lúčov. Ako zdroj žiarenia sme použili röntgenový prístroj Chirana, ktorý dával na úrovni ožarovania v mieste krúžku röntgenovej lampy 450 r/min. Ožarovali sme pri 60 kV; 3 mA; 200 V, bez filtra. Použité dávky za príslušný čas udáva tab. 1. Pre potrebu chladenia lampy sme aplikovali dávku 10 000 r na dva razy a dávku 20 000 r na štyri razy. Medzi jednotlivými čiastkovými ožiareními bol interval 60 min. Predpokladáme, že intervaly medzi jednotlivými čiastkovými dávkami sú také malé, že nemohli podstatne znížiť inhibičný účinok. Menšie poškodenie pri rozdeľných dávkach ako pri dávke jednorazovej pozoroval Vasiljev a Žukov 1960. Semená sme na ožiarenie položili na Petriho misku o priemere 5 cm, orientované embryom ku zdroju žiarenia. V jednej expozícii bolo možné ožiariť 40 semien. Prísne sme dodržiavali orientáciu semena proti zdroju, a to tak, že všetky semená sme orientovali embryom ku zdroju. Je veľa prác, ktoré neberú orientáciu semena ku zdroju



Graf 1. Inhibičný účinok dávky 5000 r X-lúčov v závislosti od orientácie semena ku zdroju žiarenia

Vysvetlivky: ↑ dávka 5000 r aplikovaná pri orientácii štítka ku zdroju
↓ dávka 5000 r aplikovaná pri orientácii štítka od zdroja

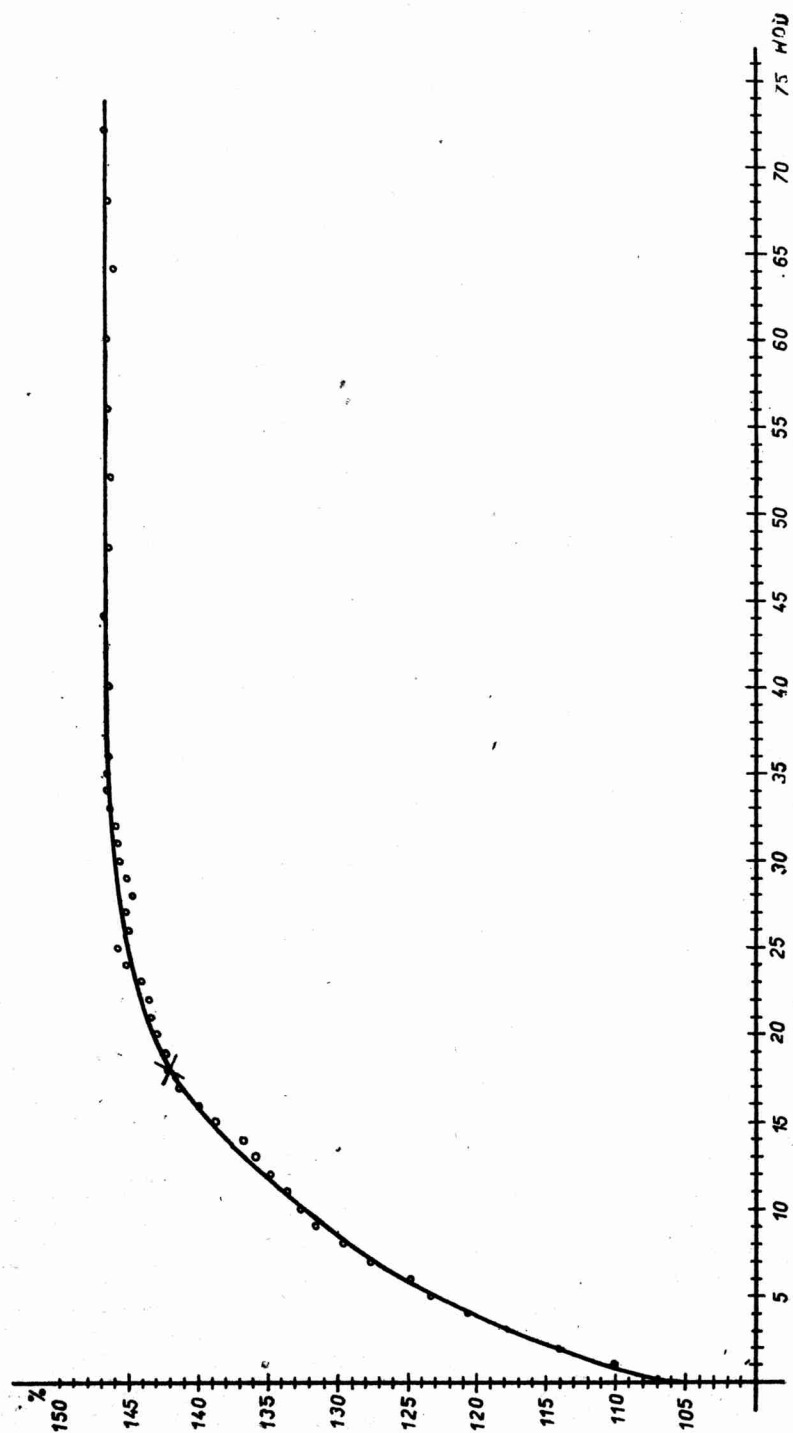
Tabuľka 1
Dávky a doba pôsobenia X-lúčov

Dávka v r		100	500	1000	1500	2000	5000	10 000	20 000
čas	min.		1	2	3	4	11	22	44
	sec.	13	7	13	20	26	7	13	26

do úvahy (napr. Birecka 1959). Podrobné práce však túto orientáciu zvlášť zdôrazňujú (Hutchinson 1960). O dôležitosti jednotnej orientácie semena sme sa presvedčili pokusom. Ako vidíme z grafu 1 táto orientácia má veľký význam. Koleoptila sa pri orientácii semena ku zdroju redukovala temer o 50 % oproti kontrole, pri orientácii od zdroja iba zaokrúhlene o 31 %. Podobné pomery sme pozorovali u koreňa, kde bola redukcia dĺžky u semien obrátených štítkom ku zdroju 40 % a u semien orientovaných štítkom od zdroja len málo nad 28 %. Rozdiel medzi priemerom dĺžok bol vysoko preukazný. Tento rozdiel je zapríčinený pri orientácii semena štítkom dolu tým, že jeho najcitlivejšie časti sú položené vo väčšej vzdialenosti od zdroja žiarenia a toto je tiež z veľkej časti zadržiavané endospermom.

Semená. Ako materiál sme použili kukuricu „Slovenská biela perlová“. Ožarovali sme zdravé semená, výhradne v rozmedzí váh 100–140 mg; tieto váhy tvorili stred Gaussovej krivky. Všetky ľahšie aj ťažšie semená sme vyradili, aby sa pracovalo podľa možnosti s čo najhomogennejším materiálom. Vyradili sme tak približne 40 % semien. Pred ožiarení sme semená máčali 18 hodín vo vodovodnej vode. Je známe, že napučané semená sú citlivejšie na ožiarenie a udáva sa, že čím viac obsahuje semeno vody a čím viac sa prebudilo z latentného štádia, tým je citlivejšie (Caldecott 1954, Klingmüller 1960). Niektoré práce však udávajú (Conger 1959, Porjadkova 1960), že tieto pomery nie sú také jednoduché. Pri dlhom máčaní semena sa uskutoční síce do určitej miery prijímanie vody, ale v semene následkom anaerobného dýchania sa spotrebuje kyslík a porušuje sa normálny priebeh klíčenia. Veľkú dôležitosť kyslíka v pletivách ožarovovaných rastlín zdôrazňuje už Petry 1921. Príjem vody semenami kukurice podrobne rozpracoval Ermilov 1960, ktorý rozoznáva dvojaký príjem vody: 1. vplyvom botnania, 2. aktívny príjem živými časťami semena. Pri pokusoch so žiarením neprítomnosť kyslíka v pletivách rastliny môže viesť k narušeniu nepriameho účinku žiarenia (Filiminov 1958, Calvin 1957). Na jednej strane máme teda snahu, aby semeno prijalo pred ožiarení čo najviac vody, na druhej strane je žiadúce, aby máčanie trvalo krátky čas. Dlhým máčaním prichádza tiež k vylúhovaniu látok zo semien do okolitej vody (Lebedev 1960, Bulgakov 1959). Čas máčania 18 hodín sme volili na základe nasledujúceho pokusu. V piatich opakovaníach sme pri 25 °C máčali 50 semien. Semená sme každú hodinu osušili filtračným papierom, odvážili a po odvážení nechali znovu máčať. Hodnoty sme prepočítali na percentá. Váhu suchých semien sme považovali za 100 %. Ako vidíme podľa tabuľky 2 a grafu 2 osemnásť hodina je z hľadiska príjmu vody a čo najkratšieho času máčania výhodná. Po tejto hodine krivka príjmu vody už iba pomaly stúpa.

Kultivácia. Po ožiarení sme semená vysievali do vlhkých pilín (100 ml vody: 100 g pilín) v sklenených hranoloch asi 3 cm pod povrch pilín. Pestovali sme ich pri teplote 25 °C v termostate. Po troch a piatich dňoch pestovania sme materiál vy-



Graf 2. Prijem vody semenami kukurice. Na osi x sú hodiny máčania, na osi y váha semien v %, keď váha semien pred napučaním = 100%

Tabuľka 2

Prijem vody semenami kukurice v %. Váha suchých semien = 100 %

Hodina máčania	$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	Hodina máčania	$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$
0	100,00	23	144,14 $\pm$ 3 . 0,90
1	110,70 $\pm$ 3 . 0,32	24	145,30 $\pm$ 3 . 0,72
2	114,02 $\pm$ 3 . 0,44	25	145,94 $\pm$ 3 . 0,65
3	117,94 $\pm$ 3 . 0,69	26	145,08 $\pm$ 3 . 0,60
4	120,64 $\pm$ 3 . 0,69	27	145,46 $\pm$ 3 . 0,56
5	123,28 $\pm$ 3 . 0,27	28	144,90 $\pm$ 3 . 0,79
6	124,76 $\pm$ 3 . 0,57	29	145,24 $\pm$ 3 . 0,70
7	127,56 $\pm$ 3 . 0,85	30	145,74 $\pm$ 3 . 0,60
8	129,48 $\pm$ 3 . 0,43	31	145,92 $\pm$ 3 . 0,60
9	131,56 $\pm$ 3 . 0,74	32	146,02 $\pm$ 3 . 0,61
10	132,72 $\pm$ 3 . 0,65	33	146,42 $\pm$ 3 . 0,61
11	133,76 $\pm$ 3 . 0,70	34	146,72 $\pm$ 3 . 0,60
12	134,86 $\pm$ 3 . 0,39	35	146,76 $\pm$ 3 . 0,58
13	135,94 $\pm$ 3 . 0,36	36	146,68 $\pm$ 3 . 0,57
14	136,84 $\pm$ 3 . 0,68	40	146,70 $\pm$ 3 . 0,52
15	138,98 $\pm$ 3 . 0,53	44	147,02 $\pm$ 3 . 0,61
16	140,96 $\pm$ 3 . 0,64	48	146,65 $\pm$ 3 . 0,65
17	141,58 $\pm$ 3 . 0,67	52	146,55 $\pm$ 3 . 0,67
18	142,24 $\pm$ 3 . 0,64	56	146,73 $\pm$ 3 . 0,63
19	142,68 $\pm$ 3 . 0,59	60	146,94 $\pm$ 3 . 0,62
20	143,12 $\pm$ 3 . 0,51	64	146,59 $\pm$ 3 . 0,63
21	143,50 $\pm$ 3 . 0,51	68	146,96 $\pm$ 3 . 0,64
22	143,42 $\pm$ 3 . 0,31	72	147,24 $\pm$ 3 . 0,66

hodnotili z hľadiska rastu a morfológických zmien, alebo sme rastliny použili pre príslušné analýzy.

Štatistické spracovanie. Pri štatistickom vyhodnocovaní dĺžky koreňov, koleoptíl ako aj chemických analýz sme používali t-test. Za základ sme brali publikácie Hrubý 1950, Hrubý, Konvička 1954, Myslivec 1957. Okrem rozdielů medzi štatistickým súborom kontroly a ožiarenej vzorky sme si vždy všimli aj preukaznosť rozdielu medzi jednotlivými ožiarenými vzorkami (napr. ožarovali sme dávkami 500, 1000, 5000 r. Hodnotili sme vždy rozdiel medzi kontrolou a dávkou 500, 1000 a 5000 r. Okrem toho sme hodnotili ešte rozdiel medzi 500 a 1000 r, medzi 500 a 5000 r a rozdiel medzi 1000 a 5000 r). Za hranicu preukaznosti (signifikantnosti) považujeme $P = 0,05$, za hranicu vysokej preukaznosti $P = 0,01$. Tabuľky sú usporiadané tak, aby sme si mohli odčítať, či je výsledok a) vysoko preukazný, b) preukazný, c) či sú štatistické súbory totožné. V jednotlivých riadkoch tabuľky (pozri príklad tab. 3) v prvom stĺpci je označené, akou dávkou sme ožarovali, v druhom stĺpci je aritmetický priemer štatistického súboru ± 3 stredná chyba priemeru. (Aritmetický priemer je označený $\bar{x}$, stredná chyba priemeru je označená $s_{\bar{x}}$.) V stĺpci označenom v hlavičke ako kontrola vždy horné číslo v okienku ukazuje rozdiel (d) medzi aritmetickým priemerom kontroly a aritmetickým priemerom ožiarenej vzorky príslušného riadku. Pod rozdielom d je hodnota t pre príslušný počet stupňov voľnosti, ktorá ukazuje, nakoľko sa porovnávané štatistické súbory líšia. V stĺpci označenom v hlavičke ako 500 r je v okienku horné číslo rozdiel (d), dolné číslo t medzi štatistickým súborom dávky 500 r a príslušným štatistickým súborom ožiarenej dávky, konkrétne v treťom

Tabuľka 3

Dĺžka koreňov v závislosti od použitej dávky X-lúčov
(Tabuľka slúžiaca na vysvetlenie jednotlivých symbolov).

Dávka v r	$\bar{x}$ v mm $\pm$ 3 . $s_{\bar{x}}$	K	500	1000
K	117,56 $\pm$ 3 . 2,00			
500	119,19 $\pm$ 3 . 2,00	1,63 0,57		
1000	111,54 $\pm$ 3 . 1,68	6,02 2,30	7,65 2,93	
5000	40,14 $\pm$ 3 . 1,75	77,42 33,08	79,05 33,78	71,40 29,50

riadku štatistickým súborom dávky 1000 r, vo štvrtom riadku štatistickým súborom dávky 5000 r. V stĺpci označenom v hlavičke ako 1000 r, je d a t medzi štatistickým súborom dávky 1000 r a štatistickým súborom dávky 5000 r.

Tabuľka 4

Tabuľka hodnôt t pre pravdepodobnosť P = 0,05
a vysokú pravdepodobnosť P = 0,01 pre počet stupňov
voľnosti vyskytujúcich sa v tejto práci

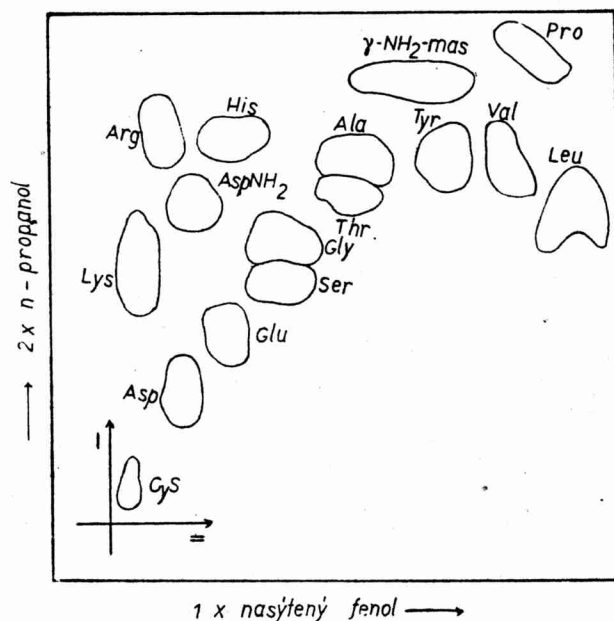
N	P = 0,05	P = 0,01
8	2,31	3,36
10	2,23	3,17
18	2,10	2,88
90	1,99	2,63
100	1,98	2,63
150	1,98	2,61
200	1,97	2,60
300	1,97	2,59
400	1,97	2,59
500	1,96	2,59
1000	1,96	2,58

Keď sledujeme podľa tabuľky 3 hodnoty t v tabuľke 4 vidíme, že d 1,63 medzi dávkou 500 r a kontrolou nie je rozdielom preukazným, pretože t < ako 1,97 (len 0,57). Rozdiel 6,02 medzi kontrolou a dávkou 1000 r, je preukazný, P < ako 0,05, hranicu vysokej preukaznosti však nedosahuje. (t = 2,30 leží medzi hranicou preukaznosti 0,05 (t = 1,97) a hranicou vysokej preukaznosti 0,01 (t = 2,59). Všetky ostatné rozdiely tak medzi kontrolou, ako aj jednotlivými dávkami sú vysoko preukazné t > 2,59.

Stanovenie voľných aminokyselín. U vyrastených rastlín sme oddelili koleoptilu a koreň od semena, materiál odvážili, dôkladne zhomogenizovali v sklenej trecej

miske za prídavku jednej kvapky toluénu na 1 g čerstvého rastlinného materiálu. Zhomogenizovaný materiál sme kvantitatívne preniesli do sklených skúmaviek a zaliali 75 % alkoholom v pomere 1 g čerstvého rastlinného materiálu: 2 ml alkoholu. Skúmavku sme dôkladne uzavreli, materiál s alkoholom premiešali a nechali extrahovať 4 hodiny pri laboratórnej teplote za občasného pretrepania. Po uplynutí tohto času sme homogenát odcentrifugovali a uschovávali v chladničke.

Pri použití papierovej chromatografie sme sa pridržiavali prác Datta, Dent, Harris 1950, Tupý 1961. Na delenie aminokyselín sme používali dvojrozmernú vzostupnú chromatografiu na papieri Wh. 1. o rozmeroch hárku 27 × 27 cm. Z koreňov a koleoptíl sme nanášali na chromatogram obyčajne vzorku v množstve 80 mikrolitrov. Zo semien, keďže tu aminokyselín bolo menej, až 140 mikrolitrov. Obsah aminokyselín sme potom prepočítali na 100 mikrolitrov základného extraktu. V každej sérii sme mali vždy kalibračnú krivku v množstve 5–10–15–20 gama jednotlivých aminokyselín a 6 vzoriek. Štandardný roztok aminokyselín sme zarobili v koncentrácii 1 gama každej aminokyseliny na 2 mikrolitre 30 % vodného izopropanolu (Hais, Macek 1959), s výnimkou asparagínu, kde bola koncentrácia päťnásobná. Štandardný základný roztok obsahoval tieto aminokyseliny: asparagín, lyzín, glutamín, kyselinu asparágovú, kyselinu glutámovú, serín, treonín, alanín, valín, leucín a kyselinu gama-aminomáselnú. Ostatné aminokyseliny sme nestanovovali, pretože ich koncentrácia v nanáške vzorky bola nižšia ako 5 gama a v závislosti od ožiarenia nevykazovali žiadne zmeny. V prvom smere sme chromatogramy vyvíjali dvakrát a v rozpúšťadle n-propanol: H₂O v pomere 3 : 1. Potom sme ich vyvíjali v druhom smere vo fenole nasýtenom vodou a stabilizovanom NaCN. Pred každým vyvíjaním sme komoru sýtili asi 40–60 minút, pričom papieré viseli nad rozpúšťadlom. Po dôkladnom vysušení fenolu v prúde studeného vzduchu sme chromatogramy de-



Obr. 1. Poloha aminokyselín na chromatograme po dvojrozmernom rozdelení

tekovali pretiahnutím v čínidle nasledujúceho zloženia (podľa Heilmana, Barrol-
liera, Watzkeho 1957): 100 mg octanu kadmnatého, 10 ml H₂O, 5 ml kyseliny
octovej, 100 ml acetónu a 1 g ninhydrinu.

Po oschnutí papiera sme ponechali chromatogramy v bezamoniakálnej atmosfére
nad konc. kyselinou sírovou 24–43 hodín, kedy sme dostali najintenzívnejšie sfar-
benie. Potom sme si označili škvrny jednotlivých aminokyselín, tieto vystrihli, pore-
zali na drobné prúžky, zaliali 8 ml metylalkoholu a za občasného pretrepania nechali
eluovať v tme asi 1 hodinu. Potom sme štandardy a vzorky fotometrovali na spektro-
fotomere Koucký pri vlnovej dĺžke 490 mμ. Polohu jednotlivým aminokyselinám na
papieri udáva obr. 1.

Pretože prolín dáva s ninhydrinovým čínidlom slabé žlté zafarbenie, ktoré nie je
možné fotometrovať, stanovili sme ho oddelene od ostatných aminokyselín podľa
práce, ktorú publikovali Hrabětová a Tupý 1960. Na rozdelenie sme použili
jednorozmernú zostupnú chromatografiu na Wh. č. 4 za štvornásobného vyvíjania
v Partridgeovej zmesi. Po vysušení sme chromatogram detekovali v nasledujúcom
čínidle: 1 g izatín, 1,5 g octan zinočnatý, 1 ml kyselina octová, 95 ml isopropanol,
5 ml H₂O. Po vysušení na voľnom vzduchu sme chromatogramy zahriali na 80 až
85 °C. Dostali sme modré škvrny prolínu na červenom pozadí. Červené pozadie sme
vymyli teplou vodou, papier sme vysušili a modré škvrny vystrihli. Škvrny sme na-
rezali na malé pásiky, vložili do skúmaviek, zaliali 6 ml fenolu nasýteného vodou
a nechali 1 hodinu eluovať v tme za občasného pretrepania. Potom sme roztok foto-
metrovali na fotometre Koucký pri vlnovej dĺžke 640 mμ. Všetky výsledky stanovenia
aminokyselín sú priemerom piatich analýz, pochádzajúcich z dvoch paralelných
ožiarení a extrakcií a sú štatisticky vyhodnotené.

Stanovenie redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze kyselinou šťavelovou
Sumu redukujúcich látok sme stanovili podľa Somogyi–Nelsona (cit. z Keila
a spolupracov. 1959). Výsledky týchto analýz bývajú obyčajne označené ako reduku-
júce cukry, pretože však v biologickom materiáli sa nachádzajú aj iné redukujúce
látky, ako to konečne dokázala aj naša chromatografická analýza, hovoríme o sume
redukujúcich látok. Tieto redukujúce látky sme stanovili podľa nasledujúceho pra-
covného postupu. Podľa koncentrácie redukujúcich látok v alkoholickom extrakte,
ktorý sme pripravili tak ako pri stanovení aminokyselín, vniesli sme do kalibrovanej
skúmavky 5–25 mikrolitrov vzorky a zarovnali do 5 ml destilovanou vodou.
Potom sme pridali 5 ml čerstvo zmiešaného Somogyiho čínidla, pretrepali a vložili na
15 min. do vriaceho vodného kúpeľa. Po ochladení vo vodovodnej vode sme znútra
spláchli steny skúmavky, skúmavku doplnili destilovanou vodou na 10 ml. Po pridaní
2,3 ml Nelsonovho čínidla (skusmo zistené, že toto množstvo Nelsonovho čínidla dáva
najväčšiu absorpciu pri fotometrovaní) sme vzorky dôkladne premiešali a nechali
stáť 30 min. za občasného pretrepania. Z každej skúmavky sme podľa intenzity
sfarbenia pipetovali 6–8 ml roztoku do 50 ml odmeriek, doplnili destilovanou
vodou, premiešali a fotometrovali na dvoj bunkovom kolorimetri LP-60 za použitia
červeného filtra B-2. V každej sérii sme mali postavenú kalibračnú krivku glukózy
v rozmedzí 30–150 gama glukózy.

Pri stanovení sumy redukujúcich látok po hydrolýze sme hydrolyzovali s 1 ml
5 % kyseliny šťaveľovej za varu počas 1 hodiny na voľnom kúpeľi. Po ochladení sme
roztok neutralizovali s 1 ml 0,79 mol NaOH. Inak sme postupovali presne tak ako pri
stanovení redukujúcich látok bez hydrolýzy. Sumu redukujúcich látok po hydrolýze
sme taktiež vyjadrili v glukózovom ekvivalente.

Stanovenie voľných glycidov. Sacharózu, glukózu a fruktózu sme stanovili po roz-

delení opakovanou jednorozmernou zostupnou chromatografiou na papieri Wh. 1,4. Ako rozpúšťadlo sme použili hornú fázu Partridgeovej zmesi. Chromatogramy sme detekovali v nasledujúcom činidle: 2 % roztok anilínu v etanole,
2 % roztok difenylamínu v etanole,
80 % kyselina fosforečná,

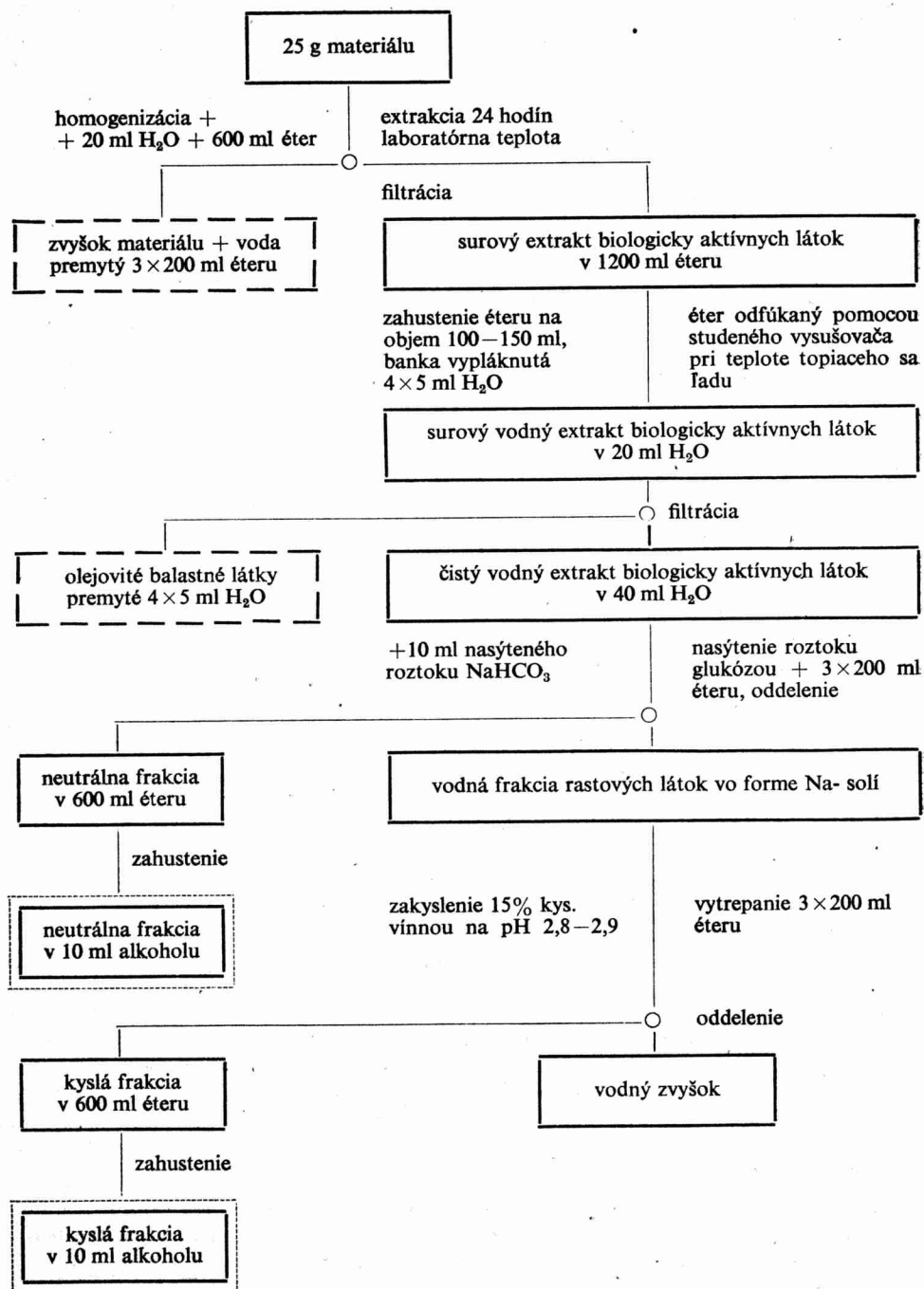
zmiešané tesne pred použitím v pomere 5 : 5 : 1. Po pretiahnutí sme ich osušili a vložili do sušiarne pri 80 °C na 10 min. (Hais, Macek 1954). Tento spôsob detekcie dáva síce farebne odlišné škvrny, čo je veľmi výhodné pri identifikácii jednotlivých glycidov, má však nevýhodu v tom, že chromatogramy po čase tmavnú a rozpadajú sa, takže ich nemožno prechovávať ani po zaparafinovaní. Z tohto dôvodu sme na detekciu neskôr používali činidlo s kyselinou para-amino-hippurovou (Linskens 1959). Toto činidlo sa ukázalo oveľa citlivejšie a veľmi dobre detekovalo chromatogramy pre účely fotografovania a na dokumentáciu. Detekciu s kyselinou para-amino-hippurovou sme zmodifikovali v tom zmysle, že sme používali 3 % roztok kyseliny para-amino-hippurovej a 3 % roztok anhydridu kyseliný fialovej v etanole. Po pretiahnutí a vysušení sme chromatogramy zahriali na 140 °C.

Pri stanovení sacharózy sme vzorky v množstve 5–15 mikrolitrov základného alkoholického extraktu naniesli na Wh. 4 a štvornásobne vyvíjali v Partridgeovej zmesi. Na každom papieri sme postavili kalibračnú krivku v rozsahu 30–150 gama sacharózy. Pre určenie polohy sacharózy sme okraje papiera s nanesenou vzorkou a sacharózou odstrihli a zdetekovali. Podľa týchto svedkov sme určili polohu sacharózy na papieri a nezdetekované škvrny sme vystrihli na obdĺžnikoch 6 × 5 cm. Papier sme rozstrihali na malé pásiky, vložili do skúmaviek, zaliali 7 ml destilovanej vody a vložili na 1 hodinu na trepačku. Potom sme do skúmavky z každej vzorky prefiltrovali 5 ml eluátu, k 1 ml 5 % kyseliny šťaveľovej a stanovili podľa Somogyi–Nelsona tak ako pri stanovení redukujúcich látok po hydrolýze s kyselinou šťaveľovou. Po štvornásobnom vyvíjaní v Partridgeovej zmesi na Wh. 1 sme fotometricky stanovili glukózu a fruktózu s 2,3,5-trifenyltetrazoliumchloridom (Wallenfels, Bernt, Limberg 1953, Fischer a Dörfel 1954). Na stanovenie sme použili nasledovný postup: priečny pás chromatogramu, v ktorom sa nachádzala glukóza a fruktóza, sme detekovali v činidle nasledujúceho zloženia:

1 l objem 1N metanolickeho NaOH, 1 objem čerstvo pripraveného 2,3,5-trifenyltetrazoliumchloridu zmiešaného tesne pred použitím. Po detekcii sme nechali papier oschnúť asi 10 min. a vložili do ultratermostatu na 20 min. Atmosféra ultratermostatu bola nasýtená vodnou parou pri teplote 75 °C. Potom sme papier vysušili 30 min. v termostate pri 75 °C. Červené škvrny na ružovom podklade sme okružkovali (Ø 4 cm), rozstrihali na pásiky do skúmavky a eluovali s 11 ml metanolu. Elúcia prebiehala za občasného pretrepania 10 min. za studena a 10 min. na 35 °C teplom vodnom kúpeli. Po ochladení sa roztoky fotometrovali na kolorimetre LP-60 za použitia filtra F₃.

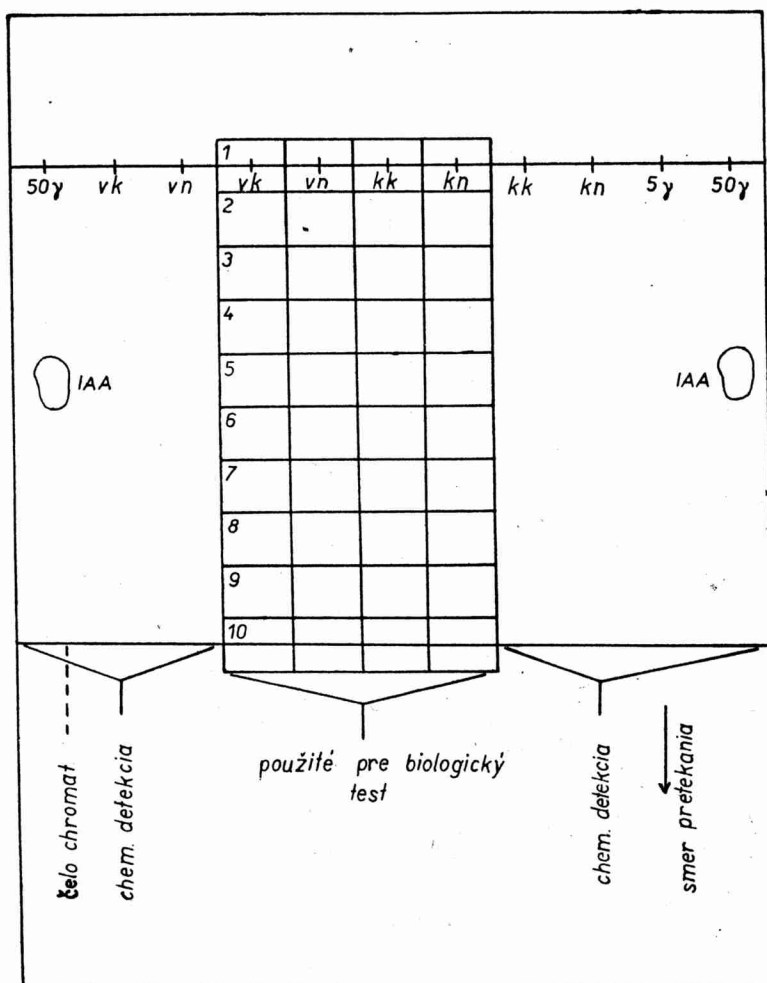
Všetky stanovenia sú štatisticky spracované. Priemery u redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze pochádzajú z desiatich analýz, priemery pri stanovení sacharózy, glukózy a fruktózy z piatich analýz. Extrakty, ktoré sme analyzovali, sú z dvoch paralelných ožiarení.

Stanovenie rastových a inhibičných látok. Pri extrakcii a delení rastových látok sme sa opierali o práce Avery 1939, Avery, Creighton, Shalucha 1940, Thimann, Skoog 1940, 1942, Avery, Berger, Shalucha 1941, 1942, Avery, Berger, White 1945, Bennet, Clark, Kefford 1953, Bennet, Clark, Tambiah, Kefford 1952, Söding, Raadts 1953, Bentley, Housley 1954, Kefford 1955 a, b, c.



Obr. 2. Oddelenie a spracovanie rastových látok

Čistenie extraktov od olejovitých substancií, ktoré nám spočiatku rušili delenie na papieri, robili sme podľa Lačoka 1960. Pri biologickom teste sme vychádzali z práce Kiermayer 1956.

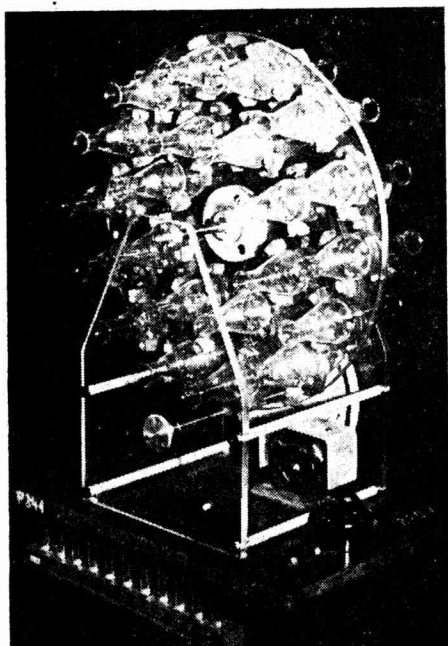


Obr. 3. Príklad chromatogramu, na ktorom sme analyzovali rastové látky

vk = kyslá frakcia z ožiarených rastlín
 vn = neutrálna frakcia z ožiarených rastlín
 kk = kyslá frakcia z kontrolných rastlín
 kn = neutrálna frakcia z kontrolných rastlín

25 g celých rastlín alebo semien sme dokonale zhomogenizovali v trecej miske a kvantitatívne preniesli do 1000 ml varnej banky, pridali 20 ml H₂O, pretrepali a zaliali 600 ml deperoxydovaného éteru. Banku sme uzavreli a nechali extrahovať v tme pri laboratórnej teplote 24 hodín za občasného pretrepania. Po extrakcii sme éter zliali a materiál premyli 3 × 200 ml éteru. Spojené éterické extrakty sme postupne

oddestilovali na vodnom kúpeli asi na objem 100–150 ml a preniesli do kadičky 200 ml. Do kadičky sme pridali 4 × 5 ml vody, ktorou sme predtým vypláchli destilačnú banku. Éter sme z vodnej fázy odľúkali pomocou studeného vysušovača za občasného opláchnutia stien kadičky, pokým sa všetok éter neodparil. Olejovité balastné látky, ktoré nám veľmi rušili chromatografické delenie, ostali na povrchu vody, rastové látky prešli do vodného roztoku. Pri odľukávaní éteru bolo dôležité ponechať kadičku v kryštalizačnej miske s topiacim sa ľadom. V prípade odľukania éteru teplým vysušovačom (tiež nechladeného) olejovité balastné látky nám vytvorili s vodou emulziu, a tým sa vzorka znehodnotila. Vodný extrakt sme potom pre-filtrovali cez mokrý filter (modrá páska), do oddeľovacieho lievika 500 ml, pričom



Obr. 4. Klinostat na elúciu rastových látok z chromatogramu.

olejovité znečisteniny ostali na filtri. Kadičku s filtrom sme ešte prepláchli 4 × 5 ml vody. K základnému roztoku sme pridali 10 ml nasýteného roztoku NaHCO_3 a pridali glukózu až do nasýtenia. Týmto spôsobom sme dostali neutrálnu frakciu, ktorú sme vytrepali do 3 × 200 ml deperoxydovaného éteru. Spojené éterické extrakty sme zahustili do 3 ml alkoholu, ktorý sme pridali do éteru pred jeho oddestilovaním. Alkohol sme kvantitatívne previedli do odmerky 10 ml, baničku dôkladne vypláchli malým množstvom alkoholu a odmerku zarovnali po značku. Z tohto extraktu sme nanášali na chromatografický papier ako „neutrálnu“ frakciu.

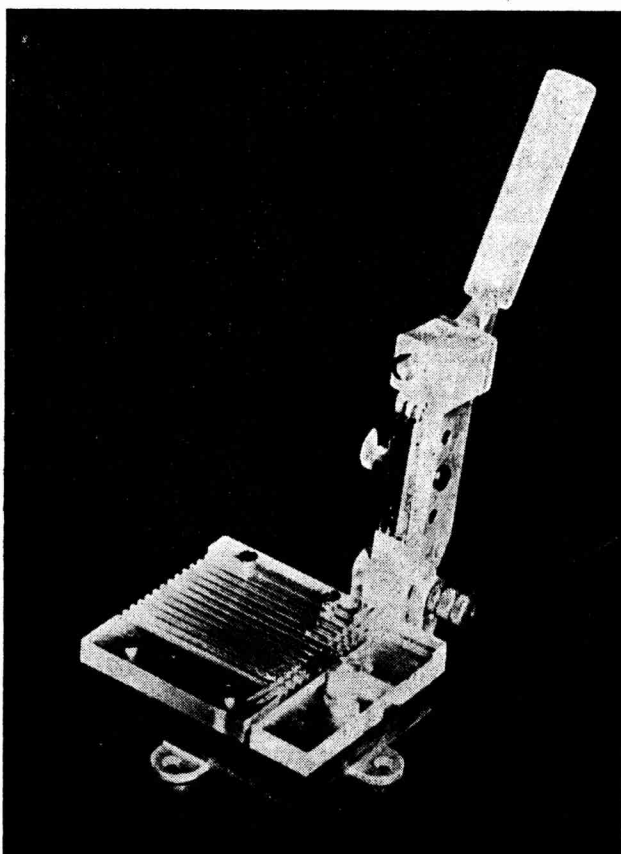
Vodnú časť sme potom okyslili 15 % kyselínou vínou na pH 2,8–2,9 a dôkladne pretrepali. Aciditu sme kontrolovali univerzálnym indikátorovým papierikom. Rastové látky sme potom vytrepali do 3 × 200 ml éteru. Spojené éterické extrakty sme zahustili a „kyslú“ frakciu nanášali obdobne ako pri alkalicknej frakcii. Extrakciu a delenie rastových látok predstavuje schéma na obr. 2.

Extrakty sme nanášali na chrom. papier Wh 1. Vzdialenosť jednotlivých škvŕn

od seba bola 4 cm. Štyri vzorky v strede chromatogramu sme používali pre biologickú detekciu, bočné škvŕny pre detekciu v UV svetle (žiarovka Philora 125 W) a pre chemickú detekciu so Salkowského a Ehrlichových reagens (Linser, Kiermayer 1957). (Zmenšený chromatogram pozri na obr. 3.) Pre biologickú detekciu sme škvŕny sušili studeným vysušovačom, aby sa nenarušila ich aktivita. Na vyvolanie sme použili zostupnú techniku, ako rozpúšťadlo slúžil izo-propanol: amoniak : voda v pomere 8 : 1 : 1. Dôkladnú nasýtenosť komory sme si zabezpečili tým, že sme nechali v skrini pretekať ustavične chromatografický papier. Chromatogram sme nechali pretekať do vzdialenosti 30 cm od štartu.

Po dôkladnom vysušení sme chromatogram rozdelili, začínajúc 1,5 cm pred štartom a končiac 1,5 cm za čelom chromatogramu na 11 obdĺžnikov o ploche

3 × 2 cm. Toto rozdelenie na 11 obdĺžnikov sme volili oproti iným autorom, ktorí delili na 10 obdĺžnikov preto, aby sme biologicky zdetekovali aj tie látky, ktoré ostanú na štartovej škvŕne. IAA, ktorú sme používali ako svedka, ako aj IAA natívna ostávala nám v piatom obdĺžniku chromatogramu. Jednotlivé obdĺžniky sme potom postrihali na tenké pásiky, vložili do malých skúmaviek výšky 4 cm a $\varnothing$ 12 mm. Ako elučné činidlo sme použili 3 % sacharózu, pretože tento spôsob nám dával najlepšie



Obr. 5. Strožek na rezanie subapikálnych segmentov koleoptíl.

prírastky oproti sacharóze s ústojným roztokom (Kutáček a spol. 1958), glukóze (Michalski 1958) a čistej destilovanej vode (Varga, Ferenczy 1957). Oproti bežnému spôsobu elúcie difúziou sme na dôkladné eluovanie a premiešanie elučného činidla použili klinostat (obr. 4) zostrojený podľa prác Michalského a Nitscha (Nitsch 1956, Michalski 1958). Skúmavky a elučné činidlo s úsekmi chromatogramu, obsahujúcimi rastové látky, sme vložili do Erlenmayerových baničiek upevnených na centrálnom kolese klinostatu. Elúcia prebiehala 2 hodiny. Sme toho názoru, že tento čas stačí na dôkladnú elúciu biologicky aktívnych látok a dlhší čas zvyšuje možnosť mikrobiálnej infekcie eluátu. Po tomto čase boli do eluátu vložené subapi-

kálne segmenty koleoptíl ovsa, do každej skúmavky 10 segmentov, ktoré ostali plávať. Segmenty sme sekali vždy dva z jednej koleoptily ovsa, 2,8 mm pod vrcholom. Dĺžka segmentov bola 2,7 mm. Strojček na sekanie segmentov sme zostrojili podľa práce Linser, Kiermayer 1957 so zariadením, ktoré umožňuje regulovať dĺžku odstráneného apikálneho konca (obr. 5). Ako testovací materiál sme použili ovos odrody Flämmingsgold, ktorý dával dostatočne silný a vyrovnaný materiál. Semená pred vysiatím sme namáčali vo vode z vodovodu 12 hodín, potom vložili do vlhkých pilín v pomere 100 g pilín na 300 ml vody. Koleoptily sme nechali rásť 72 hodín po skončení máčania zasadené 1,5–2 cm pod povrchom pilín pri teplote 25 °C. Koleoptily od prvého listu sme oddeľovali pinzetou s priletovanými žiletkami, preseknutím koleoptily v mieste cievnych zväzkov a stiahnutím koleoptily z prvého listu. Koleoptily v počte 10 kusov sme vložili do strojčeka, presekli a vložili do skúmaviek na biologický test. Segmenty sa ponechali narastať 20 hodín pri teplote 25 °C. Celú manipuláciu s koleoptilami (sekanie, vkladanie atď.) sme robili pri červenom svetle. Prírastok koleoptíl sme merali na podložných mikroskopických sklíčkach, ktoré sme vkladali do fotografického zväčšovacieho prístroja. Dĺžky prírastkov, prípadne inhibície, sú vyjadrené v % oproti kontrole a zachytené v histogramoch. Histogram 1 predstavuje biologický test so syntetickou IAA a ukazuje zároveň, aká je asi chyba pri stanovení. Všetky analýzy sú priemerom šiestich stanovení, ktoré sme robili z dvoch extrakcií.

Výsledky pokusov

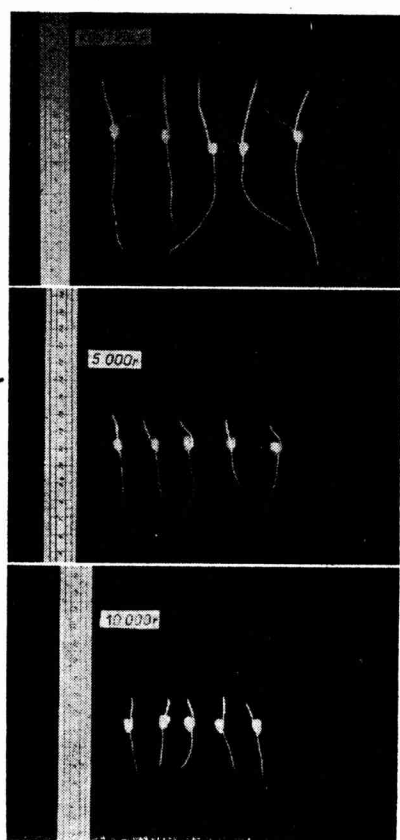
Rastové a tvarové zmeny. Rastlinky vyrastené z ožiarených semien máme na obr. 6 a 7. Pri vyhodnocovaní dĺžky koleoptily tretí deň po skončení ožarovania vidíme, že dávky 100–1500 r, pri ktorých sme očakávali stimulačný efekt, na dĺžku koleoptily vôbec nevyplývali (tab. 5, graf 3). Všetky odchýlky od priemeru kontroly sú v rámci chyby. Pri dávke 2000 r pozorujeme inhibíciu, ktorá je štatisticky vysoko preukazná. Podobne je inhibícia vysoko preukazná pri dávkach 5000, 10 000 a 20 000 r. Rozdiely navzájom medzi všetkými inhibičnými dávkami sú tiež vysoko preukazné.

Pri vyhodnocovaní dĺžky koreňa tretí deň po skončení ožarovania na rozdiel od koleoptily vidíme, že ani dávka 2000 r sa inhibične neprejavila (tab. 6, graf 3). Zdá sa teda, že v tomto prípade koreň bol menej citlivý na ožiarenie ako koleoptila. Ako vyslovene inhibičné sa ukázali dávky začínajúc 5000 r a vyššie. Podobne tak u koleoptíl, ako aj u koreňov sú rozdiely medzi inhibičnými účinkami vysoko preukazné. Preukazný, ale veľmi malý rozdiel pozorujeme medzi dávkami 10 000 a 20 000 r. Je vidieť, že sme tu už pomaly na hranici najväčšieho možného zásahu, keď zdvojnásobenie dávky vyvolá tak málo rozdielny efekt.

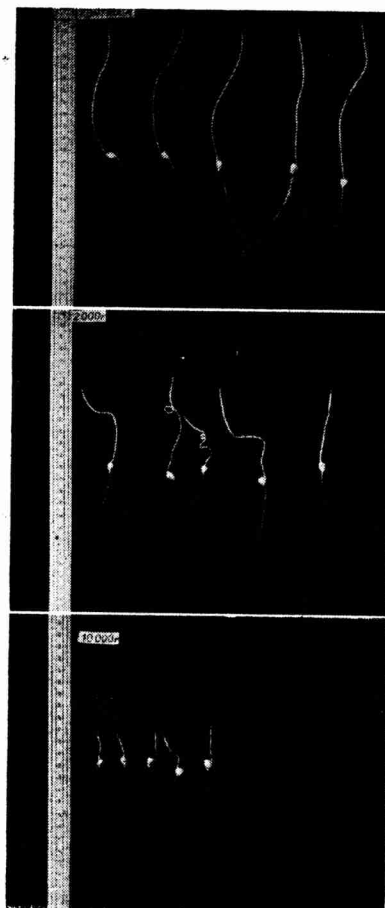
Podstatne odlišné pomery pozorujeme pri sledovaní dĺžok piaty deň (tab. 7, 8, graf 4). Už dávka 1000 r vyvoláva vysoko preukázateľnú inhibíciu. Táto sa dá pozorovať tak u koleoptily, ako aj u koreňa. Iba dávky 100 a 500 r boli bez účinku a štatistické súbory boli totožné s kontrolou. U koleoptíl rozdiely medzi všetkými inhibičnými dávkami boli vysoko preukazné. Výnimku tvorí rozdiel medzi dávkou 10 000 a 20 000 r, ktorých súbory boli totožné. Podporuje to už skôr konštatovaný predpoklad o 10 000 r ako dávke hraničnej. Pri sledovaní dĺžok koreňa vidíme, že štatisticky preukázateľný je aj rozdiel medzi dávkami 10 000 a 20 000 r. Tento fakt je zaujímavý práve z toho hľadiska, že pokým u koleoptily sa nám zdá hraničnou už dávka 10 000 r, pri koreni, ktorý podľa týchto výsledkov vyzerá odolnejší, dávka 20 000 r inhibičný efekt ešte zvýšila.

Preukazný stimulačný efekt sa nám nepodarilo získať ani v jednom prípade. Vidno, že podmienky, pri ktorých sa ožaruje, môžu podstatne ovplyvniť výsledok žiarenia pri tých istých dávkach. Dôležitú úlohu má tu zrejme nielen množstvo, ale i kvalita lúčov. Je možné, že by sme boli pozorovali stimulačný účinok v iných obdobiach po ožarení. Predpokladáme tiež, že prechodnú stimuláciu mohla vystriedať inhibícia.

Pozoruhodné je všimnúť si prírastok v dĺžke koleoptíl a koreňov medzi tretím a piatym dňom (tab. 9, 10 a graf 5), keď postavíme dĺžky v tretí deň = 100%. Obzvlášť vysoký prírastok pozorujeme u koleoptily, ktorá bola v absolútnych



Obr. 6. Rastliny kukurice v tretí deň kultivácie.



Obr. 7. Rastliny kukurice v piaty deň kultivácie.

hodnotách na tretí deň kratšia ako koreň, na piaty deň je tomu však už naopak. U koreňa bol prírastok menší. Rastová rýchlosť koreňa aj koleoptily klesala začínajúc dávkou 1000 r. U koleoptily sme pozorovali preukázateľný prírastok dĺžky aj v najvyšších dávkach. Podľa tab. 5 a 6 sa prejavuje koleoptila citlivejšou ako koreň. Prírastok medzi tretím a piatym dňom však svedčí o opaku. Potvrdzuje sa tu dôležitý

Tabuľka 5

Dĺžka koleoptily v závislosti od použitej dávky X-lučov v tretí deň

Dávka v r	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	100	500	1000	1500	2000	5000	10 000
K	$33,78 \pm 3 \cdot 0,83$	100,00								
100	$33,63 \pm 3 \cdot 0,80$	99,55	0,15 0,13							
500	$34,13 \pm 3 \cdot 0,92$	101,03	0,35 0,28	0,50 0,41						
1 000	$33,92 \pm 3 \cdot 0,78$	100,41	0,14 0,12	0,29 0,26	0,21 0,17					
1 500	$34,08 \pm 3 \cdot 0,77$	100,88	0,30 0,26	0,45 0,40	0,05 0,04	0,16 0,14				
2 000	$30,41 \pm 3 \cdot 0,70$	90,02	3,37 3,12	3,22 3,03	3,72 3,23	3,51 3,37	3,67 3,52			
5 000	$17,88 \pm 3 \cdot 0,51$	52,93	15,90 16,39	15,75 16,75	16,25 15,47	16,04 17,24	16,20 17,60	12,53 14,56		
10 000	$15,01 \pm 3 \cdot 0,27$	44,43	18,77 21,57	18,62 22,16	19,12 20,12	18,91 23,06	19,07 23,54	15,40 20,53	2,87 5,03	
20 000	$13,74 \pm 3 \cdot 0,29$	40,67	20,04 23,03	19,89 23,40	20,39 21,23	20,18 24,31	20,34 24,80	16,67 22,22	4,14 7,13	1,27 3,25

Tabulka 6

Délka kořena v závislosti od použité dávky X-lúčů v třetí den

Dávka v r	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	100	500	1000	1500	2000	5000	10 000
K	56,80 $\pm 3 \cdot 1,23$	100,00								
100	56,73 $\pm 3 \cdot 1,26$	99,87	0,07 0,03							
500	56,94 $\pm 3 \cdot 1,30$	100,24	0,14 0,07	0,21 0,11						
1 000	57,28 $\pm 3 \cdot 1,36$	100,84	0,48 0,26	0,55 0,29	0,34 0,18					
1 500	55,89 $\pm 3 \cdot 1,23$	98,39	0,91 0,52	0,84 0,47	1,05 0,58	1,39 0,75				
2 000	56,82 $\pm 3 \cdot 1,19$	100,03	0,02 0,01	0,09 0,05	0,12 0,06	0,46 0,25	0,93 0,54			
5 000	34,49 $\pm 3 \cdot 0,85$	60,72	22,31 14,97	22,24 14,72	22,45 14,48	22,79 14,24	21,40 14,36	22,33 15,29		
10 000	30,81 $\pm 3 \cdot 0,44$	54,24	25,99 19,99	25,92 19,48	26,13 19,07	26,47 18,64	25,08 19,29	26,01 20,64	3,68 3,87	
20 000	28,66 $\pm 3 \cdot 0,30$	50,45	28,14 22,33	28,07 21,75	28,28 21,26	28,62 20,58	27,23 21,61	28,16 23,08	5,83 6,47	2,15 4,13

Tabuľka 7

Dĺžka koleoptily v závislosti od použitej dávky X-lúčov v piaty deň

Dávka v r	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	100	500	1000	1500	2000	5000	10 000
K	117,56 $\pm 3 \cdot 2,00$	100,00								
100	117,40 $\pm 3 \cdot 2,27$	99,86	0,16 0,05							
500	119,19 $\pm 3 \cdot 2,00$	101,38	1,63 0,57	1,79 0,59						
1 000	104,40 $\pm 3 \cdot 1,68$	88,80	13,16 5,04	13,00 4,60	14,79 5,66					
1 500	93,25 $\pm 3 \cdot 2,02$	79,32	24,31 8,55	24,15 7,97	25,94 9,13	11,15 3,96				
2 000	74,48 $\pm 3 \cdot 1,75$	63,35	43,08 16,25	42,92 15,00	44,71 16,67	29,92 12,36	8,77 3,28			
5 000	40,14 $\pm 3 \cdot 1,22$	34,14	77,42 33,08	77,26 30,06	79,05 33,78	64,26 31,04	53,11 22,60	30,34 16,12		
10 000	23,51 $\pm 3 \cdot 0,40$	19,99	94,05 46,33	93,89 40,82	95,68 47,13	80,89 47,02	69,74 34,01	50,97 28,47	16,63 12,99	
20 000	23,65 $\pm 3 \cdot 0,45$	20,11	93,91 45,80	93,75 40,58	95,54 46,60	80,75 46,67	69,60 33,78	50,83 28,23	16,49 12,68	0,14 0,02

Tabuľka 8

Dĺžka koreňa v závislosti od použitej dávky X-lúčov v piaty deň

Dávka v r	x v mm $\pm 3 \cdot s_x$	%	K	100	500	1000	1500	2000	5000	10 000
K	107,26 $\pm 3 \cdot 1,86$	100,00								
100	110,15 $\pm 3 \cdot 1,95$	102,69	2,89 1,07							
500	106,61 $\pm 3 \cdot 1,90$	99,39	0,65 0,24	3,54 1,30						
1 000	95,40 $\pm 3 \cdot 1,63$	88,94	11,86 4,80	14,75 5,80	11,21 4,48					
1 500	85,81 $\pm 3 \cdot 2,07$	80,00	21,45 7,71	24,34 8,57	20,80 7,40	9,59 3,64				
2 000	70,42 $\pm 3 \cdot 2,07$	65,65	36,84 13,25	39,73 13,98	36,49 13,03	24,98 9,49	15,39 5,27			
5 000	36,34 $\pm 3 \cdot 0,71$	33,88	70,92 35,81	73,81 35,65	70,27 34,78	59,06 33,36	49,47 22,69	34,08 15,63		
10 000	27,77 $\pm 3 \cdot 0,46$	25,89	79,49 41,61	82,38 41,19	78,84 40,43	67,63 40,01	58,04 27,37	42,65 20,11	8,57 10,20	
20 000	23,89 $\pm 3 \cdot 0,46$	22,27	83,37 43,64	86,26 43,13	82,72 42,42	71,51 42,31	61,92 29,48	46,53 21,94	12,45 14,82	3,88 5,96

Tabuľka 9

Prírastok dĺžky koleoptily v závislosti od žiarenia od tretieho po piaty deň

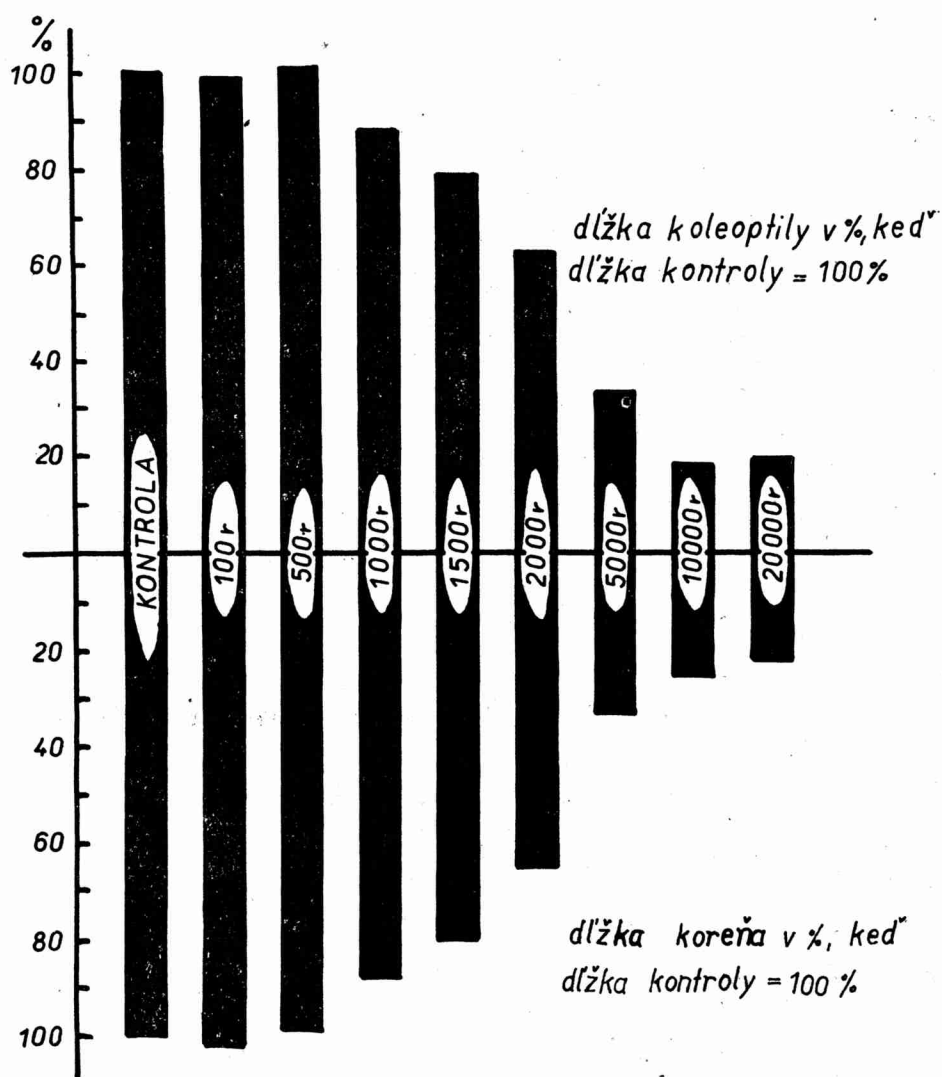
Dávka v r	3. deň	5. deň	% 5. deň, keď dĺžka 3. deň = 100 %	d medzi 3. a 5. dňom	t medzi 3. a 5. dňom
	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$			
K	33,78 $\pm 3 \cdot 0,83$	117,56 $\pm 3 \cdot 2,00$	348,01	83,78	38,78
100	33,63 $\pm 3 \cdot 0,80$	117,40 $\pm 3 \cdot 2,27$	349,09	83,77	34,90
500	34,13 $\pm 3 \cdot 0,92$	119,19 $\pm 3 \cdot 2,00$	349,22	85,06	38,66
1 000	33,92 $\pm 3 \cdot 0,78$	104,40 $\pm 3 \cdot 1,68$	307,78	70,48	38,09
1 500	34,08 $\pm 3 \cdot 0,77$	93,25 $\pm 3 \cdot 2,02$	273,62	59,17	27,39
2 000	30,41 $\pm 3 \cdot 0,70$	74,48 $\pm 3 \cdot 1,75$	244,91	44,07	23,44
5 000	17,88 $\pm 3 \cdot 0,31$	40,14 $\pm 3 \cdot 1,22$	224,49	22,26	16,86
10 000	15,01 $\pm 3 \cdot 0,27$	23,51 $\pm 3 \cdot 0,40$	156,62	8,50	17,70
20 000	13,74 $\pm 3 \cdot 0,29$	23,65 $\pm 3 \cdot 0,45$	172,12	9,91	18,69

Tabuľka 10

Prírastok dĺžky koreňa v závislosti od ožiarovania od tretieho po piaty deň

Dávka v r	3. deň	5. deň	% 5. deň, keď dĺžka 3. deň = 100 %	d medzi 3. a 5. dňom	t medzi 3. a 5. dňom
	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$ v mm $\pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$			
K	56,80 $\pm 3 \cdot 1,23$	107,26 $\pm 3 \cdot 1,86$	188,83	50,46	22,62
100	56,73 $\pm 3 \cdot 1,26$	110,15 $\pm 3 \cdot 1,95$	194,16	53,42	23,02
500	56,94 $\pm 3 \cdot 1,30$	106,61 $\pm 3 \cdot 1,90$	187,23	49,67	21,59
1 000	57,28 $\pm 3 \cdot 1,36$	95,40 $\pm 3 \cdot 1,63$	166,55	38,12	17,98
1 500	55,89 $\pm 3 \cdot 1,23$	85,81 $\pm 3 \cdot 2,07$	153,33	29,92	12,46
2 000	56,82 $\pm 3 \cdot 1,19$	70,42 $\pm 3 \cdot 2,07$	123,93	13,60	5,71
5 000	34,49 $\pm 3 \cdot 0,85$	36,34 $\pm 3 \cdot 0,71$	105,36	1,85	1,68
10 000	30,81 $\pm 3 \cdot 0,44$	27,77 $\pm 3 \cdot 0,46$	90,13	3,04	4,82
20 000	28,66 $\pm 3 \cdot 0,30$	23,89 $\pm 3 \cdot 0,46$	83,35	4,77	8,83

uzáver Biebla 1958, 1959 o existencii ostro vyhranenej vývojovej fázy, ktorá je obzvlášť citlivá na ožiarenie. Naše výsledky ukazujú, že maximálnu citlivosť na ožiarenie môžeme pozorovať v iný čas u koleoptily a v iný čas u koreňa. Pozorujeme,

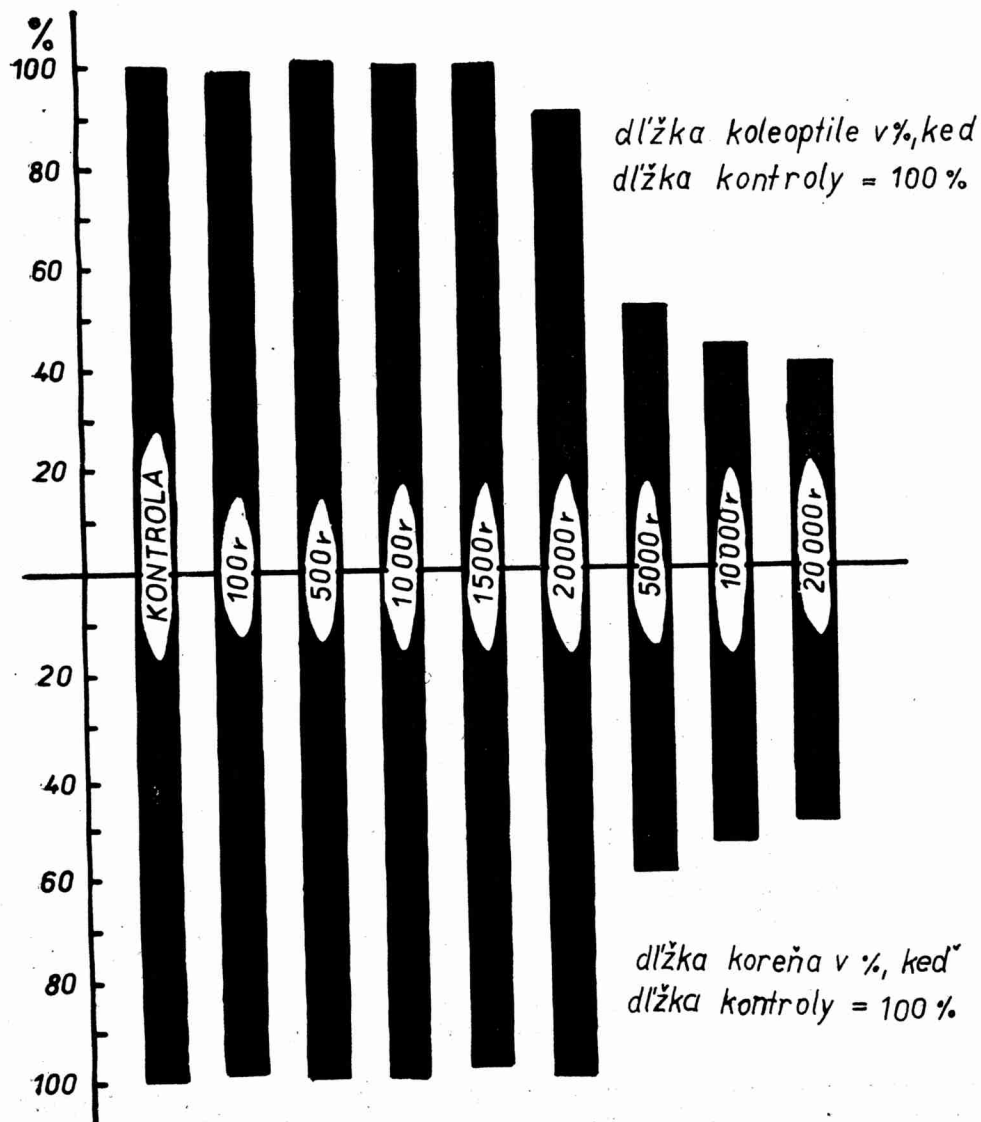


Graf 3. Vplyv X-lúčov na dĺžku koleoptily a koreňa v závislosti od použitej dávky (tretí deň po skončení ožarovania)

že už dávka 5000 r úplne zastavila rast koreňa tretí deň po ožiarení. U dávok 10 000 a 20 000 r dokonca vidno, že dĺžky koreňov piaty deň po ožiarení boli vysoko preukazne kratšie v porovnaní s tretím dňom. Táto paradoxná skutočnosť je spôsobená odumieraním koncových meristematických pletív koreňa. Pri vysvetľovaní nepomeru

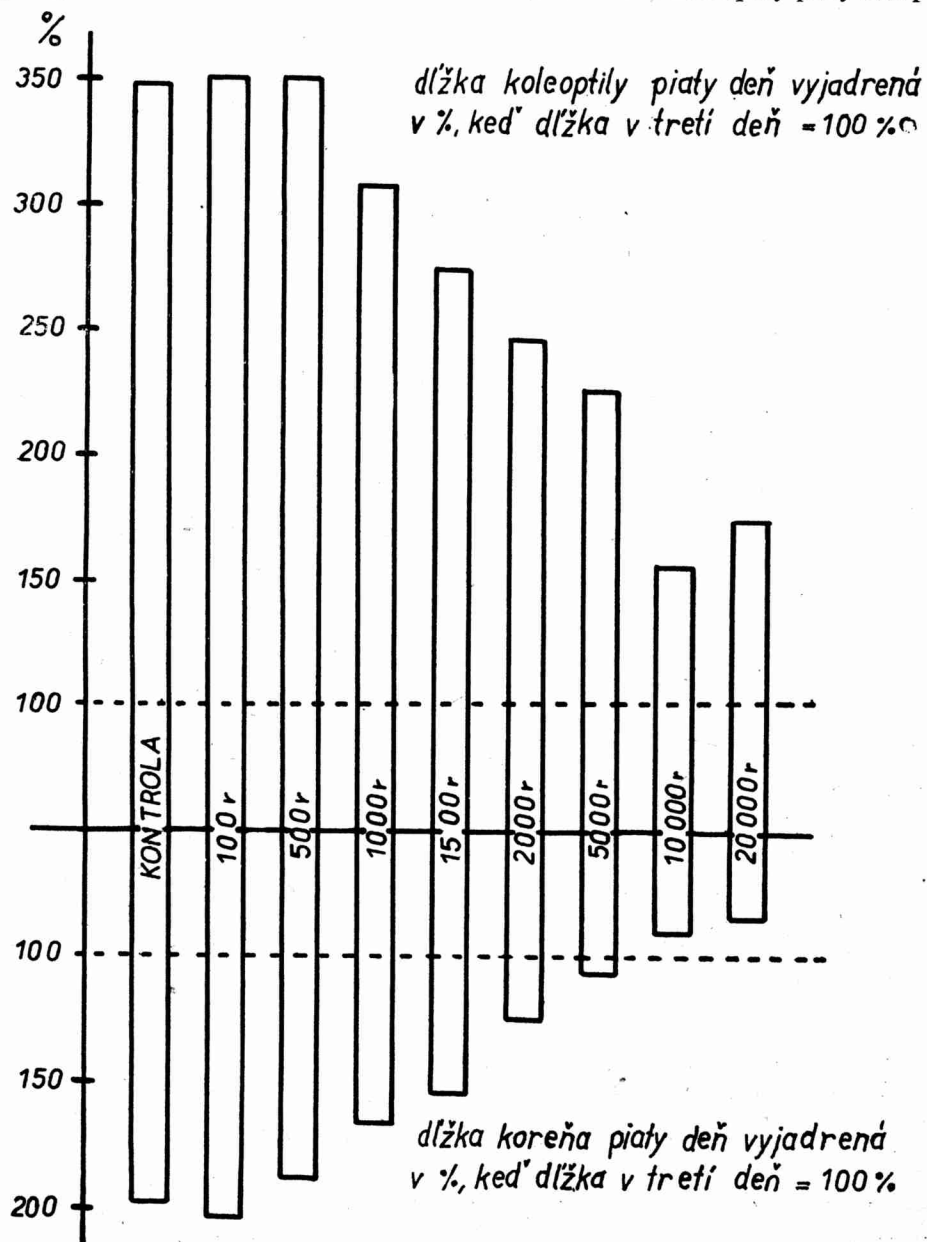
medzi prírastkom koleoptily a koreňa môžeme vychádzať z toho, že prírastok najmä v najvyšších dávkach nejde už na účet delenia buniek, ale len na účet predlžovania buniek (Haskins 1958). Je známe, že predlžovanie ožiarených buniek sa deje na úkor vakuolizácie meristematických pletív, ktoré býva často začiatkom nekrózy (Vasiljev 1960).

Začínajúc dávkou 5000 r pri pozorovaní tretí deň a dávkou 1500 až 2000 r pri



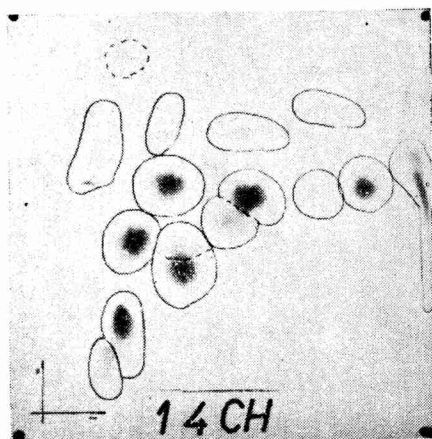
Graf 4. Vplyv X-lúčov na dlžku koleoptily a koreňa v závislosti od použitej dávky (piaty deň po skončení ožarovania)

pozorování pátý deň, sme zaznamenali na koleoptilách a koreňoch drobné zhrubnutiny. So stúpajúcou dávkou sa strácala elasticnosť koreňov a koleoptíl, ktoré sa najmä pri dávkach 10 000 a 20 000 r veľmi ľahko lámali. U koleoptily pátý deň po

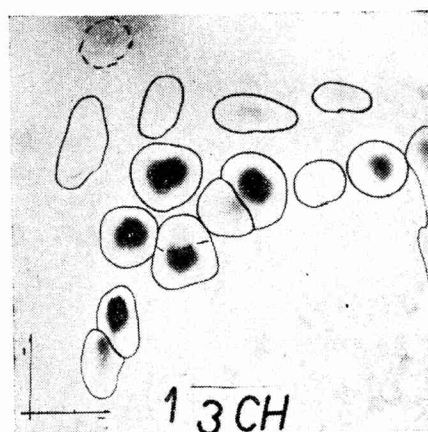


Graf 5. Prírastok koleoptily a koreňa medzi tretím a pátym dňom v závislosti od použitej dávky X-lúčov

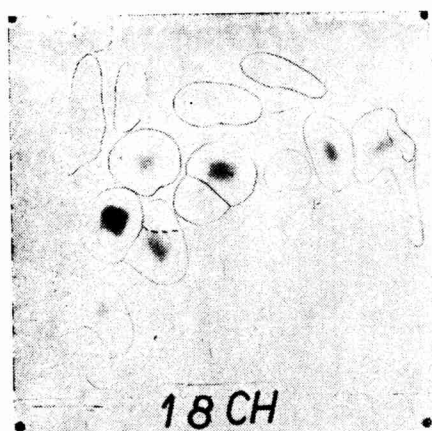
ožiarení pri dávke 2000 r sme pozorovali časté skrúteniny. Pri vyšších dávkach sme pozorovali tiež tvarové zmeny koleoptily. Koleoptila bola sploštená a nachádzali sa na nej občas nádorky. Rastlinky boli oveľa bledšie ako kontrolné. Zvláštne bolo



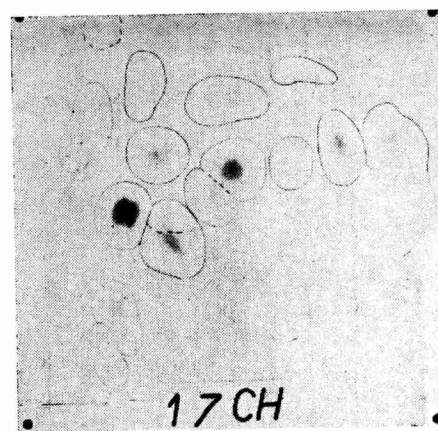
Obr. 8. Voľné aminokyseliny v koleoptilách kukurice. Rastliny sme analyzovali v tretí deň po ožiarení.



Obr. 9. Voľné aminokyseliny v koleoptilách kukurice vyrastených zo semien ožiarených dávkou 10 000 r. Rastliny sme analyzovali v tretí deň po ožiarení.



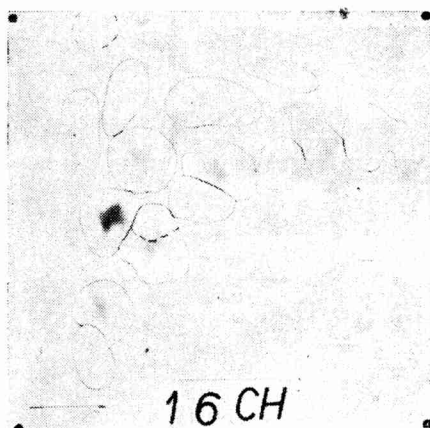
Obr. 10. Voľné aminokyseliny v koleoptilách kukurice. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.



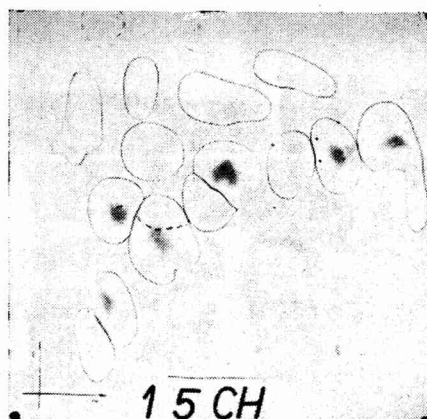
Obr. 11. Voľné aminokyseliny v koleoptilách kukurice vyrastených zo semien ožiarených dávkou 2000 r. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.

penikanie prvého listu cez pošvu. U koreňa sme pozorovali začínajúcu nekrózu smerom od vrcholu, čo tiež zapríčinilo, že korene v piaty deň boli kratšie ako tretí deň. Podobne sme pozorovali drobné zhrubnutiny a veľkú lámavosť koreňa. Ožiarené korene pri vysokých dávkach mali oveľa hnedšiu farbu ako kontrolné korene.

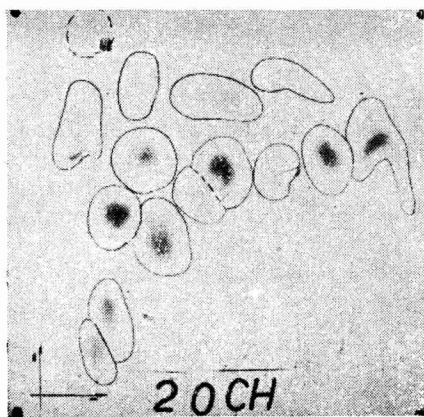
Vplyv ionizačného žiarenia na spektrum voľných aminokyselín. Chromatografickou metódou sme zistili, že v treťom a piatom dni v klíčiach rastlinkách kukurice sa nachádzajú tieto aminokyseliny:



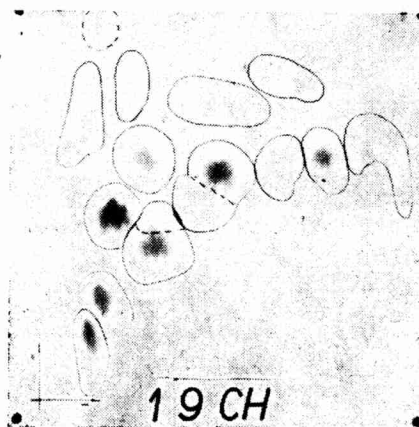
Obr. 12. Voľné aminokyseliny v koleoptilách kukurice vyrastených zo semien ožiarených dávkou 5000 r. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.



Obr. 13. Voľné aminokyseliny v koleoptilách kukurice vyrastených zo semien ožiarených dávkou 10 000 r. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.



Obr. 14. Voľné aminokyseliny v koreňoch kukurice. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.



Obr. 15. Voľné aminokyseliny v koreňoch kukurice vyrastených zo semien ožiarených dávkou 10 000 r. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.

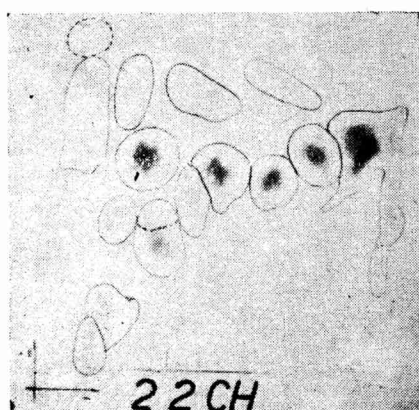
a) kyselina asparágová, kyselina glutámová, serín s glycínom, asparagín, glutamín, treonín, alanín, valín, leucín, prolín,

b) kyselina gama-amínomaselná, lyzín, tyrozín a histidín.

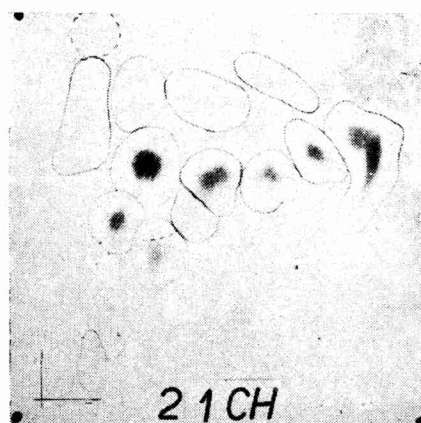
Aminokyseliny pod bodom a) sa nachádzajú v množstvách, ktoré za použitia

našej metodiky a koncentrácie nanášky bolo možné obyčajne stanoviť, aminokyseliny pod b) sa nachádzali len v stopách (pozri obr. 8–17, grafy 6–11 a tabuľky 11–20). Iné aminokyseliny sme nezistili.

V závislosti od jednotlivých orgánov pozorujeme, že kým u koleoptily prevládajú kyselina asparágová, glutámová, serín s glycínom a asparagín, v koreni sa nachádza viac leucínu, valínu a prolínu, markantne viac glutamínu a alanínu, ale len v treťom



Obr. 16. Voľné aminokyseliny v semenách kukurice. Semená sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.



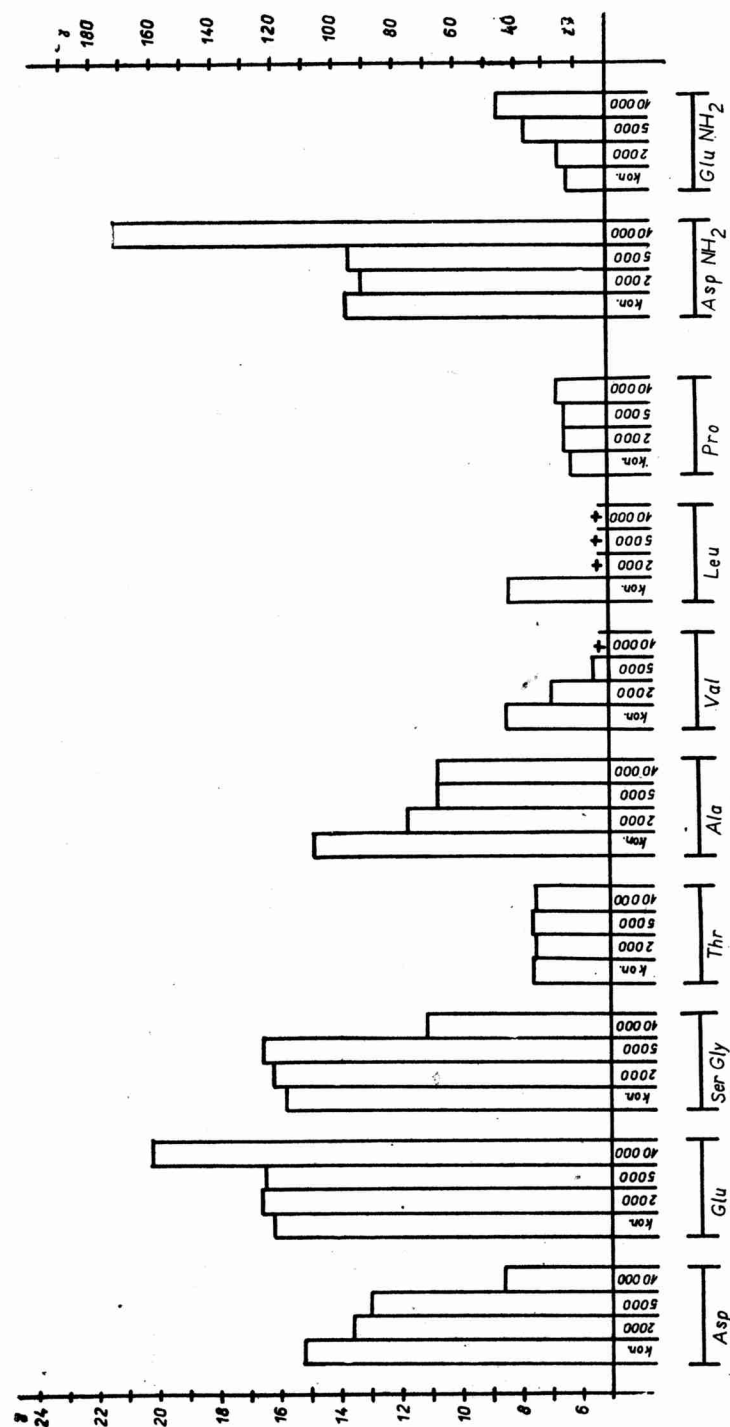
Obr. 17. Voľné aminokyseliny v semenách kukurice ožiarených dávkou 10 000 r. Semená sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.

dni. V piatom dni sú pomery v hladine glutamínu a alanínu opačné. Semeno následkom toho, že v tretí deň obsahuje ešte prevažnú časť glycidových zásob, obsahuje oveľa menšie množstvá aminokyselín než koreň a koleoptila. Hladina asparagínu, glutamínu, ale najmä leucínu a prolínu, je v porovnaní s ostatnými aminokyselinami nápadne vysoká. Vo väčšom množstve ako v koleoptilách a koreňoch sa v semene vyskytoval tyrozín a histidín.

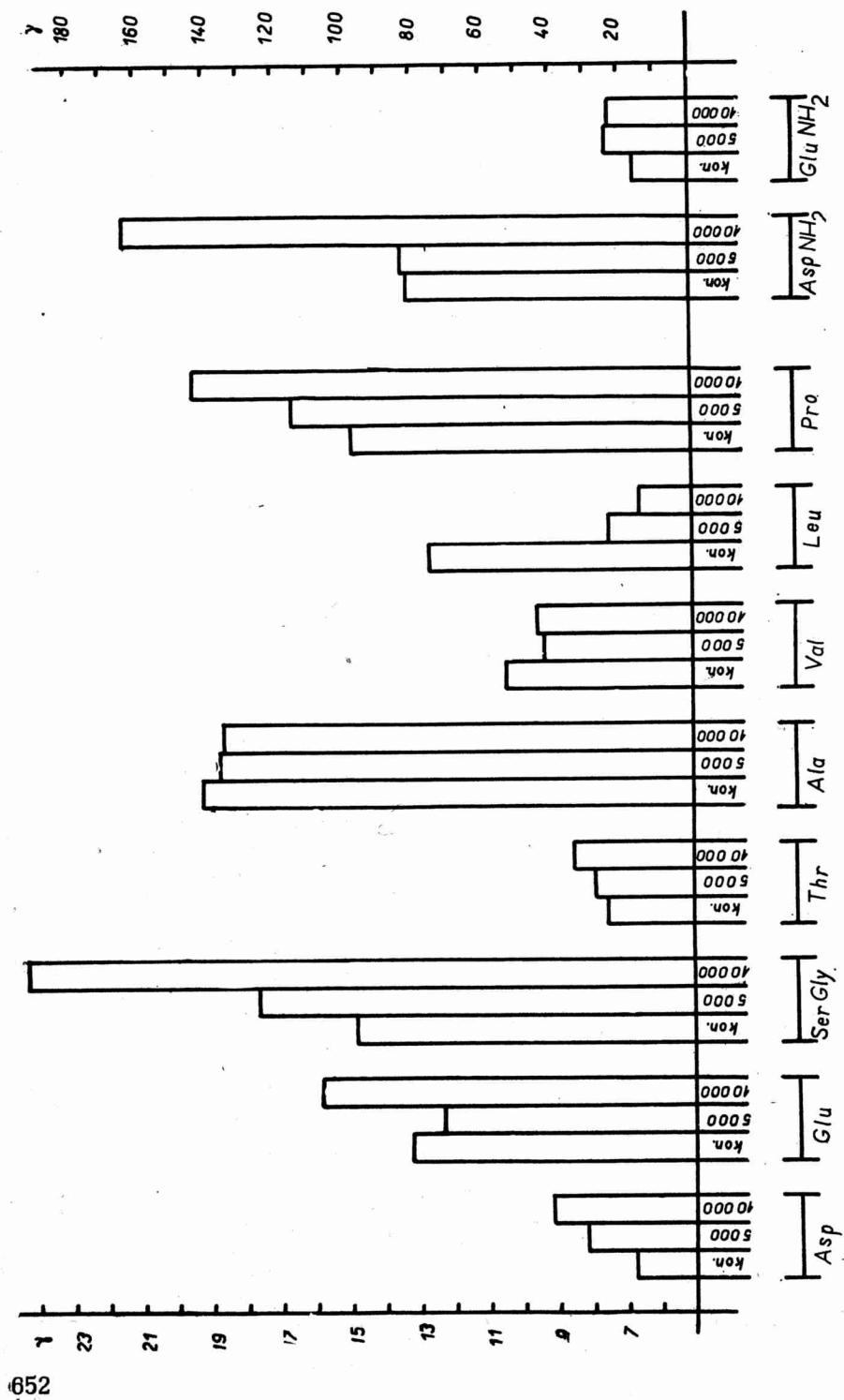
V piaty deň pozorujeme v koleoptilách obdobné pomery ako v tretí deň, s tou výnimkou, že hladina kyseliny asparágovej, glutámovej, prolínu, tiež alanínu, je oveľa nižšia ako v tretí deň.

Hladina serínu s glycínom, asparagínu, glutamínu a treonínu stúpa. Pokles hladiny kyseliny asparágovej a glutámovej zrejme súvisí so stúpnutím hladiny ich amidov, asparagínu a glutamínu, najmä z toho dôvodu, že rastliny boli etiolované, pestované v podmienkach bez svetla. Fyziologickú úlohu asparagínu a glutamínu rozpracúva najmä Prjanišnikov 1953. Tieto amidy podľa neho fungujú ako zneškodňovatelia amoniaku, najmä v podmienkach etiolizácie a nedostatku glycidov. Piaty deň môžeme už považovať za začiatok nedostatku glycidov, pretože zásoby endospermu sa už značne začali vyčerpávať a rastlinky nemali ani zdroj minerálnej výživy ani svetlo.

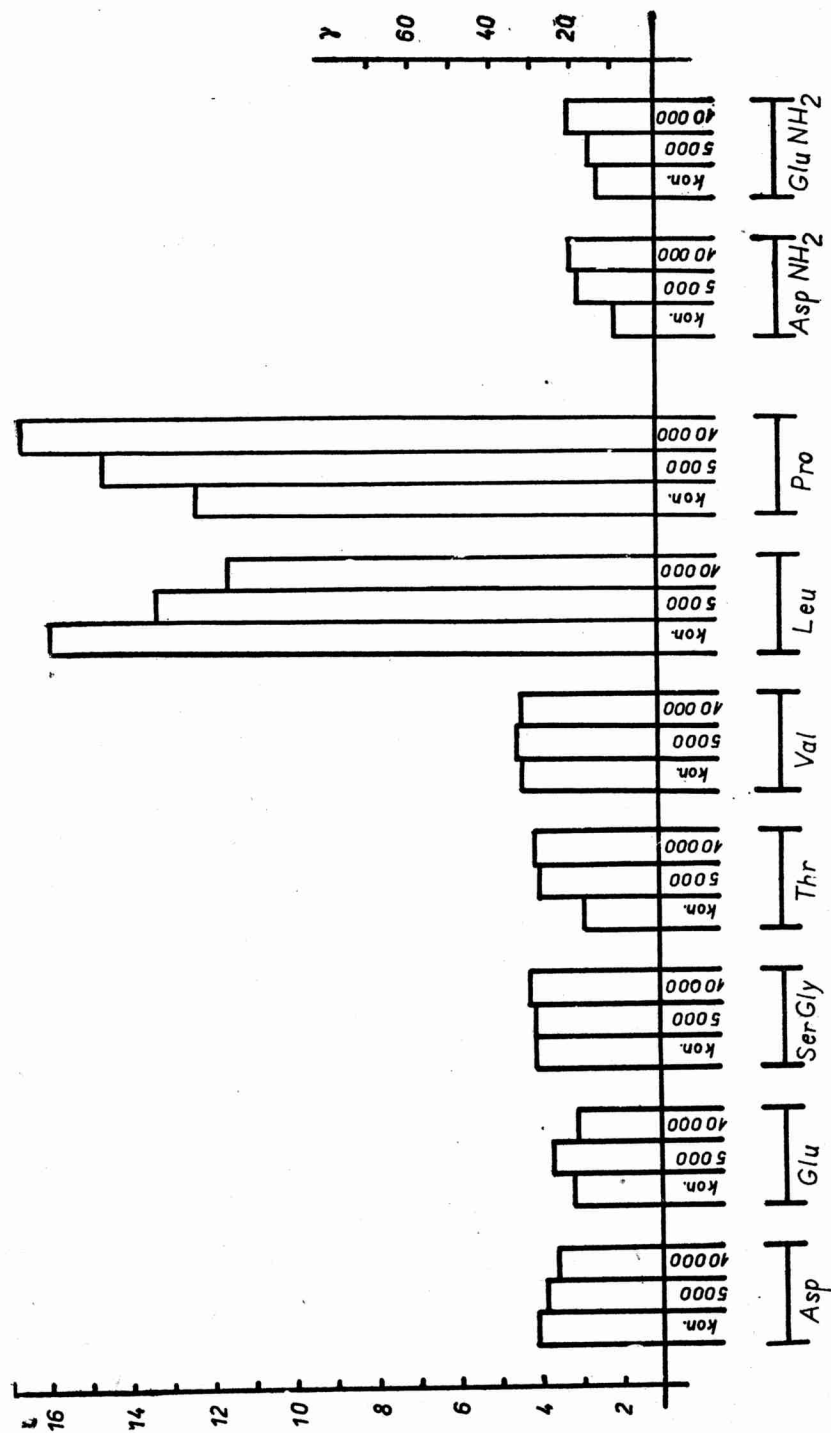
U koreňa sme pozorovali medzi tretím a piatym dňom všeobecný pokles jednotlivých aminokyselín. Pri porovnávaní hladiny aminokyseliny tretieho a piateho dňa v semene pozorujeme vzostup. Tento vzostup nie je spôsobený priamou proteolýzou zásobných látok, ale tým, že sa zmenil pomer glycidy: dusikaté látky veľkou spotrebou



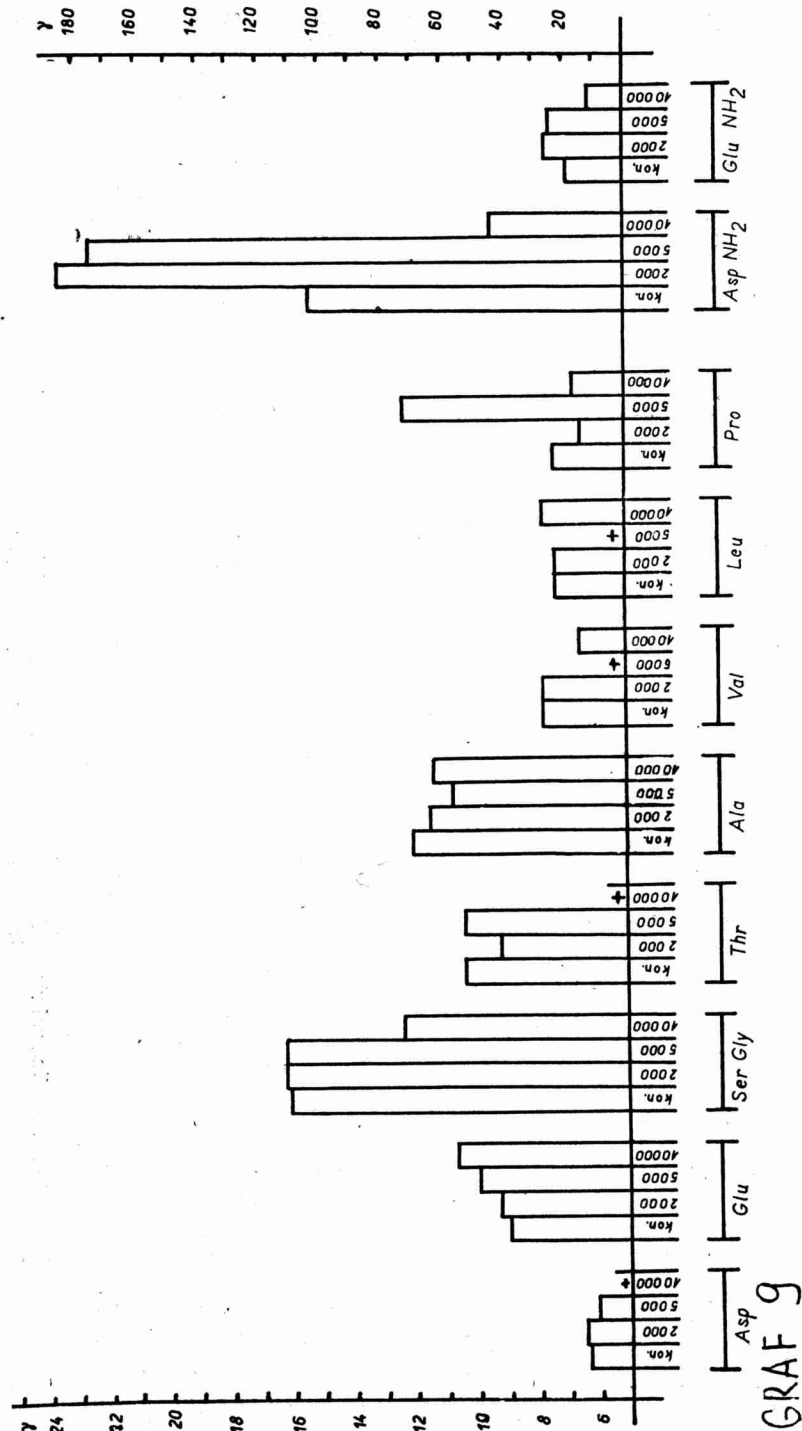
Graf 6. Hladina voľných aminokyselín v koleoptilách kukurice v závislosti od použitej dávky X-lúčov. Rastliny sme analyzovali na tretí deň po ožiarení.



Graf 7. Hladina voľných aminokyselín v koreňoch kukurice v závislosti od použitej dávky X-lúčov.
Rastliny sme analyzovali v tretí deň po ožiarení



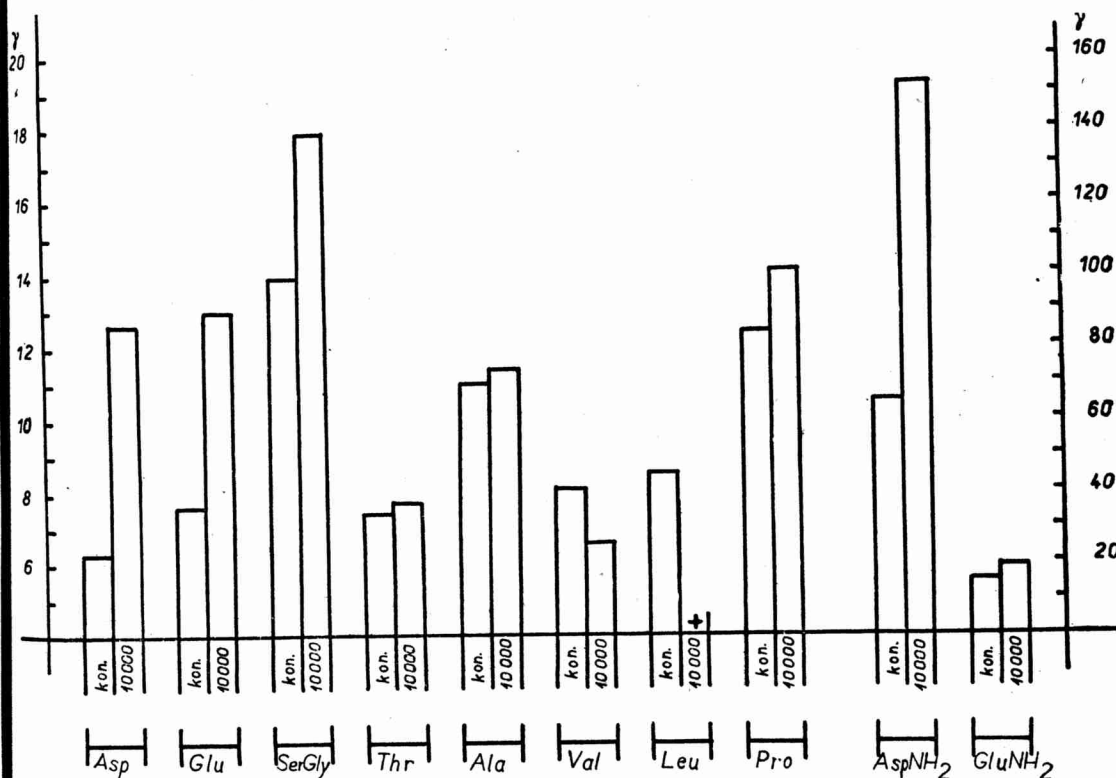
Graf 8. Hladina voľných aminokyselín v semenách kukurice v závislosti od použitej dávky X-lúčov.
Rastliny sme analyzovali v treť deň po ožiarení



Graf 9. Hladina voľných aminokyselín v koleoptilách kukurice v závislosti od použitej dávky X-lúčov
Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení

glycidov endospermu na rast a dýchanie rastlín. Zvlášťne postavenie tu zaujíma leucín, ktorého hladina oproti iným aminokyselinám nadmerne vystúpila.

Predložené tabuľky 11 – 20, grafy 6 – 11 a obrázky 8 – 17 ukazujú, že zmena hladiny aminokyselín v závislosti od ožiarenia, najmä po stránke kvantitatívnej, nie je taká jednoduchá. Nemôžeme súhlasiť ani s Vasiljevom o všeobecne konštatovanom hromadení sa aminokyselín, ani s prácami, ktoré hovoria o znížení hladiny aminokyselín pod

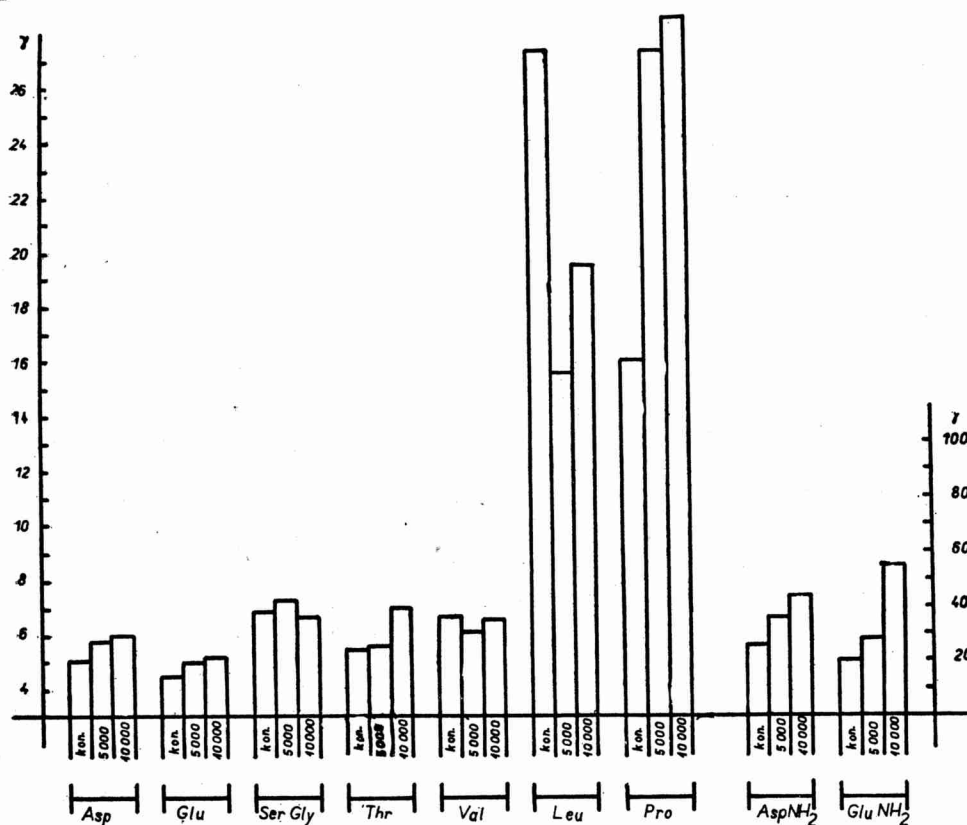


Graf 10. Hladina voľných aminokyselín v koreňoch kukurice v závislosti od použitej dávky X-lúčov. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení

účinkom ožiarenia. Pomery sú tu oveľa zložitejšie. Po kvalitatívnej stránke sme pozorovali zmenu iba v ožiarenom semene pri dávke 10 000 r, kde sa nám objavila predtým nedetekovaná škvrna cystínu (pozri obr.17). Súvisí to pravdepodobne so známym ochranným účinkom sulfhydrylových skupín pri škodlivých zásahoch do fyziologických procesov rastliny (Korableva 1959). Predpokladá sa totiž, že zvýšenie množstva SH-skupín po ožiarení je následok rozpadu bielkovinných molekúl roztrhnutím skupín –S–S– v bielkovinách. Vo všetkých analýzach je zaujímavé, že žiarenie nezasiahlo len do hladiny aminokyselín kľúčových a koreňov, ale že sme pozorovali výrazné zmeny aj v hladine aminokyselín u analyzovaných semien. Ako zvlášť citlivou na ožiarenie sa ukázala kyselina gama-aminomaselná. Túto vysokú citlivosť sme však mohli konštatovať len vizuálne, pretože jej množstvo vo vzorke bolo menšie ako 5 gama.

U kyseliny asparágovej sme pozorovali v *koleoptile* pokles v závislosti od ožiarenia preukazný však iba pri analýze v tretí deň, u *koreňa* preukazné hromadenie sa v závislosti od dávky, u *semena* zmena v hladine kyseliny asparágovej nebola preukazná.

Kyselina glutámová nevykázala u *koleoptily* ani na piaty ani na tretí deň preukazné zmeny, s výnimkou tretieho dňa pri dávke 10 000 r, kde pozorujeme vysoko preukazný prírastok. *Koreň* v závislosti od dávky preukazne hromadil kyselinu glutámovú, ale



Graf 11. Hladina voľných aminokyselín v semenách kukurice v závislosti od použitej dávky X-lúčov. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení

len pri dávke 10 000 r, inak jej hladina nebola zmenená. V *semene* jej hladina ostáva bez podstatných zmien.

Serín + glycín. Použitou metódikou nebolo možné oddeliť od seba serín a glycín, pretože škvrny na chromatograme sa väčšinou úplne prekrývali. Odlišný farebný odtieň glycínu a serínu však dovoľoval konštatovať, že vo všetkých vzorkách boli prítomné obe aminokyseliny. Na základe vizuálneho hodnotenia konštatujeme, že je ovplyvnený aj ich vzájomný pomer. Tento predpoklad je potvrdený aj prácou Hauschild-a 1959, ktorý zistil práve v rastlinách kukurice vzájomnú enzymatickú premenu glycínu a serínu, ako je známa v tkanivách cicavcov. Podobne dokázal,

Tabuľka 11
Hladina kyseliny asparágovej v koleoptilách, koreňoch a semenách
kukurice v treť a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	15,28 $\pm$ 3 . 0,22	100,00		
		2 000	13,68 $\pm$ 3 . 0,15	1,60 6,15		
		5 000	13,08 $\pm$ 3 . 0,13	2,20 8,80	0,60 3,15	
		10 000	8,68 $\pm$ 3 . 0,17	6,60 24,44	5,00 22,72	4,40 20,95
	5. deň	K	6,44 $\pm$ 3 . 0,14	100,00		
		2 000	6,56 $\pm$ 3 . 0,14	0,12 0,63		
		5 000	6,20 $\pm$ 3 . 0,26	0,24 0,82	0,36 1,24	
		10 000				
	3. deň	K	6,88 $\pm$ 3 . 0,22	100,00		
		5 000	8,22 $\pm$ 3 . 0,18	1,34 4,78		
		10 000	9,28 $\pm$ 3 . 0,26	2,40 7,05		1,06 3,41
Koreň	5. deň	K	6,36 $\pm$ 3 . 0,22	100,00		
		10 000	12,64 $\pm$ 3 . 0,26	6,28 18,47		
	3. deň	K	4,1 $\pm$ 3 . 0,24	100,00		
		5 000	3,9 $\pm$ 3 . 0,22	0,2 0,62		
		10 000	3,6 $\pm$ 3 . 0,28	0,5 1,38		0,3 0,85
	5. deň	K	5,1 $\pm$ 3 . 0,32	100,00		
		5 000	5,8 $\pm$ 3 . 0,39	0,7 1,40		
		10 000	6,0 $\pm$ 3 . 0,26	0,90 1,19		0,2 0,43

Tabuľka 12
Hladina kyseliny glutámovej v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice
v tretí a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v g	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	16,28 $\pm$ 3 . 0,14	100,00		
		2 000	16,68 $\pm$ 3 . 0,17	0,40 102,45		
		5 000	16,54 $\pm$ 3 . 0,25	0,26 101,25	0,14 0,46	
		10 000	20,20 $\pm$ 3 . 0,15	3,92 124,07	3,52 16,00	3,66 12,62
	5. deň	K	9,04 $\pm$ 3 . 0,16	100,00		
		2 000	9,38 $\pm$ 3 . 0,27	0,34 103,76		
		5 000	10,04 $\pm$ 3 . 0,52	1,0 111,06	0,66 1,37	
		10 000	10,70 $\pm$ 3 . 1,30	1,66 118,36	1,32 1,00	0,66 0,47
	Koreň	3. deň	K	13,28 $\pm$ 3 . 0,24	100,00	
			5 000	12,32 $\pm$ 3 . 0,27	0,96 92,77	
		5. deň	10 000	15,80 $\pm$ 3 . 0,16	2,52 9,00	3,58 11,54
			K	7,62 $\pm$ 3 . 0,30	100,00	
Semená	3. deň	10 000	13,08 $\pm$ 3 . 0,18	5,46 171,55		
		K	3,2 $\pm$ 3 . 0,21	100,00		
		5 000	3,7 $\pm$ 3 . 0,16	0,5 115,62		
		10 000	3,1 $\pm$ 3 . 0,19	0,1 96,87		0,6 2,50
	5. deň	K	4,5 $\pm$ 3 . 0,42	100,00		
		5 000	5,0 $\pm$ 3 . 0,16	0,5 111,11		
		10 000	5,2 $\pm$ 3 . 0,16	0,7 115,55		0,2 0,90

Tabuľka 13
Hladina serínu + glycinu v koleoptilách a semenách kukurice v treť a piaty deň
po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v g	$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	15,88 $\pm$ 3 . 0,18	100,00		
		2 000	16,22 $\pm$ 3 . 0,15	102,14	0,34 1,47	
		5 000	16,56 $\pm$ 3 . 0,24	104,28	0,68 2,26	0,34 1,21
		10 000	11,12 $\pm$ 3 . 0,17	70,02	4,76 19,83	5,10 23,18
	5. deň	K	16,10 $\pm$ 3 . 0,19	100,00		
		2 000	16,28 $\pm$ 3 . 0,23	101,11	0,18 0,62	
		5 000	16,24 $\pm$ 3 . 0,46	100,86	0,14 0,28	0,04 0,08
		10 000	12,46 $\pm$ 3 . 0,18	77,39	3,64 14,00	3,82 13,17
Koreň	3. deň	K	14,8 $\pm$ 3 . 0,32	100,00		
		5 000	17,6 $\pm$ 3 . 0,39	118,91	2,8 5,60	
		10 000	24,3 $\pm$ 3 . 0,20	164,18	9,5 25,67	6,7 15,58
	5. deň	K	13,9 $\pm$ 3 . 0,36	100,00		
		10 000	17,9 $\pm$ 3 . 0,44	128,77	4,00 7,14	
Semená	3. deň	K	4,1 $\pm$ 3 . 0,31	100,00		
		5 000	4,1 $\pm$ 3 . 0,30	100,00	0,0 0,0	
		10 000	4,2 $\pm$ 3 . 0,30	102,43	0,1 0,23	0,1 0,23
	5. deň	K	6,9 $\pm$ 3 . 0,46	100,00		
		5 000	7,3 $\pm$ 3 . 0,60	105,79	0,4 0,53	
		10 000	6,7 $\pm$ 3 . 0,39	97,10	0,2 0,33	0,6 0,84

Tabuľka 14

Hladina asparagínu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v tretí a piaty deň po ožiarení
v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptilia	3. deň	K	96,0 $\pm$ 3 . 2,17	100,00		
		2 000	91,2 $\pm$ 3 . 2,40	4,80 1,48		
		5 000	95,2 $\pm$ 3 . 2,22	0,8 0,25	4,0 1,22	
		10 000	173,6 $\pm$ 3 . 3,34	79,6 20,0	82,4 4,11	78,4 19,55
	5. deň	K	103,40 $\pm$ 3 . 1,26	100,00		
		2 000	185,00 $\pm$ 3 . 1,70	81,6 38,67		
		5 000	175,20 $\pm$ 3 . 1,77	71,8 33,08	9,8 4,00	
		10 000	44,5 $\pm$ 3 . 3,31	58,9 16,63	140,5 37,76	130,7 34,85
Koreň	3. deň	K	82,8 $\pm$ 3 . 1,58	100,00		
		5 000	83,2 $\pm$ 3 . 2,01	0,4 0,15		
		10 000	164,6 $\pm$ 3 . 2,40	81,8 28,50		81,4 26,0
	5. deň	K	65,2 $\pm$ 3 . 2,40	100,00		
		10 000	152,4 $\pm$ 3 . 2,53	87,2 25,05		
Semená	3. deň	K	10,5 $\pm$ 3 . 0,38	100,00		
		5 000	19,5 $\pm$ 3 . 0,64	9,00 12,16		
		10 000	21,9 $\pm$ 3 . 0,49	11,4 18,38		1,4 1,75
	5. deň	K	26,0 $\pm$ 3 . 2,10	100,00		
		5 000	36,0 $\pm$ 3 . 1,22	10,0 5,88		
		10 000	44,2 $\pm$ 3 . 1,49	18,2 7,08		8,2 4,33

Tabuľka 15

Hladina glutamínu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v treťi a piaty deň po ožiarení
v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v g	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	23,88 $\pm$ 3 . 0,23	100,00		
		2 000	26,22 $\pm$ 3 . 0,25	109,79	2,34 6,15	
		5 000	37,52 $\pm$ 3 . 0,17	157,11	3,64 13,00	11,30 37,66
		10 000	46,38 $\pm$ 3 . 0,51	194,22	22,50 40,90	20,16 36,00
	5. deň	K	19,1 $\pm$ 3 . 0,36	100,00		8,86 16,71
		2 000	26,38 $\pm$ 3 . 0,46	138,11	7,28 12,55	
		5 000	25,56 $\pm$ 3 . 0,72	133,82	6,46 8,07	0,85 0,90
		10 000	12,16 $\pm$ 3 . 0,64	63,66	6,94 8,78	14,22 18,23
Koreň	3. deň	K	16,1 $\pm$ 3 . 0,19	100,00		
		5 000	24,3 $\pm$ 3 . 0,79	150,93	8,2 10,12	
		10 000	23,4 $\pm$ 3 . 0,14	145,34	7,3 31,73	0,9 1,13
	5. deň	K	15,2 $\pm$ 3 . 0,19	100,00		
		10 000	19,7 $\pm$ 3 . 0,27	129,60	4,5 13,63	
	3. deň	K	14,2 $\pm$ 3 . 0,41	100,00		
		5 000	16,7 $\pm$ 3 . 0,47	117,60	2,5 4,03	
		10 000	21,7 $\pm$ 3 . 0,78	152,81	7,5 8,52	5,0 5,49
Semenó	5. deň	K	20,7 $\pm$ 3 . 0,89	100,00		
		5 000	28,5 $\pm$ 3 . 1,01	137,68	7,8 5,82	
		10 000	55,7 $\pm$ 3 . 2,20	269,08	35,0 14,76	27,2 11,23

Tabuľka 16

Hladina treonínu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice tretí a piaty deň po ožiarení
v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v g	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	$7,60 \pm 3 \cdot 0,18$	100,00		
		2 000	$7,58 \pm 3 \cdot 0,32$	99,73	0,02 0,55	
		5 000	$7,66 \pm 3 \cdot 0,33$	100,78	0,06 0,16	0,08 0,17
		10 000	$7,50 \pm 3 \cdot 0,22$	98,68	0,10 0,35	0,08 0,21
	5. deň	K	$10,40 \pm 3 \cdot 0,29$	100,00		
		2 000	$9,20 \pm 3 \cdot 0,62$	88,46	1,20 1,76	
		5 000	$10,48 \pm 3 \cdot 0,47$	100,76	0,08 0,14	1,28 1,66
		10 000				
Koreň	3. deň	K	$7,56 \pm 3 \cdot 0,20$	100,00		
		5 000	$7,96 \pm 3 \cdot 0,53$	105,29	0,40 0,71	
		10 000	$8,58 \pm 3 \cdot 0,19$	113,49	1,02 3,92	0,62 1,10
	5. deň	K	$7,48 \pm 3 \cdot 0,18$	100,00		
		10 000	$7,78 \pm 3 \cdot 0,18$	104,01	0,30 1,20	
Semenó	3. deň	K	$2,9 \pm 3 \cdot 0,06$	100,00		
		5 000	$4,0 \pm 3 \cdot 0,08$	137,93	1,1 11,0	0,1 12,50
		10 000	$4,1 \pm 3 \cdot 0,04$	141,37	1,2 17,14	
	5. deň	K	$5,4 \pm 3 \cdot 0,19$	100,00		
		5 000	$5,6 \pm 3 \cdot 0,34$	103,70	0,2 0,52	
		10 000	$7,0 \pm 3 \cdot 0,11$	129,62	1,6 7,61	1,4 4,00

Tabuľka 17

Hladina alanínu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v tretí a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	14,84 $\pm$ 3 . 0,16	100,00		
		2 000	11,70 $\pm$ 3 . 0,18	78,84	3,14 13,08	
		5 000	10,70 $\pm$ 3 . 0,14	72,10	4,14 19,71	1,0 4,54
		10 000	10,76 $\pm$ 3 . 0,13	72,51	4,08 20,40	0,94 4,28
	5. deň	K	12,16 $\pm$ 3 . 0,28	100,00		
		2 000	11,58 $\pm$ 3 . 0,28	95,23	0,58 1,48	
		5 000	10,82 $\pm$ 3 . 0,56	88,98	1,34 2,16	0,76 1,22
		10 000	11,44 $\pm$ 3 . 0,65	94,07	0,72 1,02	0,14 0,2
Koreň	3. deň	K	19,2 $\pm$ 3 . 0,24	100,00		
		5 000	18,7 $\pm$ 3 . 0,18	97,39	0,5 1,66	
		10 000	18,6 $\pm$ 3 . 0,21	96,87	0,6 1,93	0,1 0,37
	5. deň	K	11,0 $\pm$ 3 . 0,36	100,00		
		10 000	11,4 $\pm$ 3 . 0,42	103,63	0,4 0,72	

že sa syntetizujú zo spoločných prekurzorov (kys. glykolovej, kys. pyrohroznovej). Zaujímavú zmenu sme pozorovali v *koleoptilách*. Dávky 2000 a 5000 r vykázali mierny, štatisticky nepreukazný vzostup v hladine glycínu a serínu, ale dávka 10 000 r, ktorá vykazuje obzvlášť vysokú rastovú inhibíciu, spôsobila v hladine serínu s glycínom značný pokles. V *koreňoch* sme pozorovali preukazný vzostup u všetkých ožiarených rastlín, v *semenách* boli rozdiely medzi jednotlivými vzorkami nepreukazné. Ukazuje sa, že by bolo zvlášť dôležité analyzovať obe aminokyseliny oddelene.

U *asparagínu* sme dosiahli zaujímavé výsledky pod účinkom žiarenia. Je známe, že tento amid je druhotným produktom metabolizmu a slúži tiež ako rezerva pre kyselinu asparagovú. Zvlášť dôležitý význam má ako zneškodňovateľ toxického amoniaku. Podľa starších prác môžeme predpokladať, že v rastlinách sú do určitej

Tabuľka 18

Hladinu valínu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v tretí a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_x$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	$8,40 \pm 3 \cdot 0,16$	100,00		
		2 000	$6,94 \pm 3 \cdot 0,22$	1,46 5,40		
		5 000	$5,54 \pm 3 \cdot 0,19$	4,56 14,83	1,40 5,00	
		10 000				
	5. deň	K	$7,80 \pm 3 \cdot 0,14$	100,00		
		2 000	$7,86 \pm 3 \cdot 0,10$	0,06 0,35		
		5 000				
		10 000	$6,66 \pm 3 \cdot 0,24$	1,14 4,22		1,20 4,61
Koreň	3. deň	K	$10,46 \pm 3 \cdot 0,13$	100,00		
		5 000	$1,34 \pm 3 \cdot 0,11$	1,12 6,58		
		10 000	$9,56 \pm 3 \cdot 0,14$	0,90 4,73		0,22 1,29
	5. deň	K	$8,18 \pm 3 \cdot 0,13$	100,00		
		10 000	$6,62 \pm 3 \cdot 0,16$	1,56 7,80		
	3. deň	K	$4,4 \pm 3 \cdot 0,20$	100,00		
		5 000	$4,5 \pm 3 \cdot 0,18$	0,1 0,38		
		10 000	$4,4 \pm 3 \cdot 0,17$	0,00 0,00		0,1 0,41
Semeno	5. deň	K	$6,7 \pm 3 \cdot 0,19$	100,00		
		5 000	$6,1 \pm 3 \cdot 0,17$	0,6 2,40		
		10 000	$6,6 \pm 3 \cdot 0,29$	0,1 0,29		0,5 1,51

Tabuľka 19

Hladina leucínu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v treť a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	5000	5000
Koleoptila	3. deň	K	$8,32 \pm 3 \cdot 0,16$			
		2 000	+			
		5 000	+			
		10 000	+			
	5. deň	K	$7,40 \pm 3 \cdot 0,19$	100,00		
		2 000	$7,48 \pm 3 \cdot 0,22$	101,08	0,08 0,27	
		5 000				
		10 000	$7,88 \pm 3 \cdot 0,30$	106,48	0,48 1,37	0,40 1,08
Koreň	3. deň	K	$12,62 \pm 3 \cdot 0,13$	100,00		
		5 000	$7,48 \pm 3 \cdot 0,43$	59,36	5,14 11,68	
		10 000	$6,34 \pm 3 \cdot 0,14$	51,90	6,08 33,7	0,94 2,08
	5. deň	K	$8,58 \pm 3 \cdot 0,17$			
		10 000				
Semenó	3. deň	K	$15,9 \pm 3 \cdot 0,39$	100,00		
		5 000	$13,3 \pm 3 \cdot 0,06$	83,64	2,6 6,66	
		10 000	$11,5 \pm 3 \cdot 0,20$	72,32	4,4 10,23	1,8 9,00
	5. deň	K	$27,3 \pm 3 \cdot 0,45$	100,00		
		5 000	$15,5 \pm 3 \cdot 0,15$	56,77	11,8 25,10	
		10 000	$19,5 \pm 3 \cdot 0,32$	71,42	7,8 14,18	4,0 11,11

Tabuľka 20

Hladina prolinu v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v tretí a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm s_x$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	12,78 $\pm$ 3 . 0,23	100,00		
		2 000	14,32 $\pm$ 3 . 0,13	112,05	1,54 5,92	
		5 000	14,50 $\pm$ 3 . 0,18	113,45	1,72 5,93	0,18 0,81
		10 000	17,88 $\pm$ 3 . 0,16	139,90	5,10 18,21	3,38 14,08
	5. deň	K	7,14 $\pm$ 3 . 0,27	100,00		
		2 000	6,56 $\pm$ 3 . 0,24	91,87	0,58 1,61	
		5 000	12,38 $\pm$ 3 . 0,22	173,38	5,24 14,55	5,82 18,18
		10 000	6,84 $\pm$ 3 . 0,19	95,79	0,30 0,90	0,28 0,30
	5. deň	K	14,8 $\pm$ 3 . 0,26	100,00		
		5 000	16,5 $\pm$ 3 . 0,43	111,48	1,7 3,40	
		10 000	19,4 $\pm$ 3 . 0,22	131,08	4,6 13,52	2,9 6,04
Semenó	3. deň	K	12,4 $\pm$ 3 . 0,29	100,00		
		10 000	14,1 $\pm$ 3 . 0,21	113,70	1,7 4,85	
		K	12,3 $\pm$ 3 . 0,13	100,00		
		5 000	14,6 $\pm$ 3 . 0,20	118,69	2,3 10,00	
	5. deň	10 000	16,6 $\pm$ 3 . 0,05	134,95	4,3 33,07	2,0 10,0
		K	16,0 $\pm$ 3 . 0,19	100,00		
		5 000	27,3 $\pm$ 3 . 0,57	170,62	11,3 27,56	
		10 000	28,5 $\pm$ 3 . 0,23	178,12	12,5 43,10	1,2 2,79

miery deštruované bielkovinné látky, pričom sa uvoľňuje amoniak. Zvýšená hladina asparagínu môže svedčiť o potrebe zneškodnenia amoniaku v ožiarených pletivách. Všeobecne bolo možné konštatovať, že ožiarenie spôsobilo zvýšenie hladiny asparagínu. Odchýlku pozorujeme v *koleoptilách*. V tretí deň dávky 2000 a 5000 r nevykázali zmenu. V hladine asparagínu nápadne vysoký prírastok pozorujeme pri dávke 10 000 r. Piaty deň opačne vysoké množstvá sa nachádzajú pri dávkach 2000 a 5000 r, pri dávke 10 000 r sme zistili pokles ešte aj oproti kontrole. Predpokladáme, že pri takej vysokej inhibičnej dávke ochranný mechanizmus, ktorého výsledkom je hromadenie asparagínu, v piaty deň po ožiarení bol už vyradený. V *koreňoch aj semenách* sme pozorovali výrazné stúpnutie asparagínu po ožiarení. Treba zdôrazniť, že asparagín sa nachádzal oproti iným aminokyselinám pravidelne v päťnásobnom až šesťnásobnom množstve. Preto môžeme kukuricu v prvých fázach klíčenia pokladať za rastlinu asparagínovú (Kretovič 1953).

Výsledky *glutamínu* sa zhodujú s výsledkami, ktoré sme dosiahli u asparagínu. Vo všetkých prípadoch pozorujeme zvýšenie jeho hladiny a predpokladáme, že má pri ožiarení dôležitú úlohu tiež pri viazaní amoniaku ako asparagín. Zvýšenie hladiny glutamínu je vo všetkých prípadoch vysoko preukazné. Výnimku pozorujeme v piaty deň u *koleoptily*. Hladina glutamínu v *koleoptilách* vyrastených zo semien ožiarených dávkou 10 000 r poklesla pod hladinu kontroly. Podobný pokles sme pozorovali aj u asparagínu. Aj tu môžeme predpokladať, že pravdepodobne ide o zničenie ochranného mechanizmu glutamínu tak vysokou dávkou.

Aminokyselina *treonín* nevykázala žiadne zákonité podstatné zmeny pod účinkom ožiarenia. Vysoko preukazné stúpnutie množstva treonínu v závislosti od dávky sme pozorovali u semien. Predpokladáme však, že toto stúpnutie je spôsobené tým, že zásobné látky boli v dôsledku ožiarenia slabšie vyčerpané ako u kontrolných rastlín.

Podobne bola oproti žiareniu indiferentná hladina *alanínu*. Všetky zmeny sa ukázali po štatistickom vyhodnotení ako bezpodstatné. Výnimku sme pozorovali u *koleoptily* v tretí deň, keď sa ukázalo, že hladina alanínu u ožiarených rastlín oproti kontrole klesla.

Kyselina *gama aminomaseľná* sa ukázala ako veľmi citlivá oproti ožiareniu. Nápadne veľkú citlivosť na vonkajšie zásahy pri pokusoch s výživou kukurice u kyseliny gama-aminomaseľnej konštatoval už Pleškov, Šmyreva, Ivanko 1959. Jej hladina však v našich nanáškach bola taká nízka, že fotometrické kvantitatívne stanovenie sme nemohli urobiť.

V *koleoptilách i koreňoch* sme pozorovali, že hodnoty *valínu* v ožiarených rastlinách klesajú v závislosti od aplikovanej dávky tak v tretí, ako aj v piaty deň. V *semenách* boli hodnoty u kontrolných aj u ožiarených rastlín vyrovnané.

Komplikované vzťahy sme pozorovali u *leucínu*. Všeobecne môžeme povedať, že na ožiarenie bol mimoriadne citlivý. Jeho hladina po ožiarení klesala v niektorých prípadoch až do tej miery, že nemohol byť stanovený. Výnimku sme pozorovali v *koleoptilách* v piaty deň, kde boli rozdiely nepreukazné, okrem dávky 5000 r, kde leucín chýbal.

Prolín sa ukázal ako aminokyselina, ktorá sa po ožiarení rastlinného materiálu hromadí tak v *semenách*, ako aj v *koreňoch a koleoptilách*. Výnimku sme pozorovali znova u *koleoptily* v piaty deň, kde dávka 2000 a 10 000 r bola takmer rovná kontrole. Vysoké stúpnutie sme zaznamenali u dávky 5000 r.

Vplyv ionizačného žiarenia na hladinu redukujúcich látok a voľných glycidov. V *koleoptilách* kukurice v piaty deň množstvo redukujúcich látok pred hydrolýzou a po hydrolýze sa líši iba nepreukazne. Podobne je tomu aj v *koreňoch* na tretí deň

Tabuľka 21

Rozdiel a preukaznosť medzi hladinou redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze v koleoptilách kukurice. (Rastliny sme analyzovali v tretí deň po ožiarení.)

dávka v r	RL	RH		
	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	d	t
K	112,6 $\pm$ 3. 2,58	125,5 $\pm$ 3. 3,39	12,9	3,02
500	110,7 $\pm$ 3. 2,98	124,1 $\pm$ 3. 3,35	13,4	2,99
1 000	108,7 $\pm$ 3. 2,78	123,0 $\pm$ 3. 3,43	14,3	3,24
1 500	108,3 $\pm$ 3. 3,14	122,5 $\pm$ 3. 3,57	14,2	2,98
2 000	75,6 $\pm$ 3. 1,98	95,7 $\pm$ 3. 2,65	20,1	6,09
5 000	75,6 $\pm$ 3. 1,84	91,3 $\pm$ 3. 2,62	15,7	4,90
10 000	57,5 $\pm$ 3. 3,18	63,9 $\pm$ 3. 2,14	6,4	1,67

RL — redukujúce látky.

RH — redukujúce látky po hydrolýze.

Tabuľka 22

Rozdiel a preukaznosť medzi hladinou redukujúcich látok po hydrolýze v koreňoch kukurice. (Rastliny sme analyzovali v tretí deň po ožiarení.)

dávka v r	RL	RH		
	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	d	t
K	74,2 $\pm$ 3. 2,78	76,3 $\pm$ 3. 3,24	2,1	0,49
500	74,0 $\pm$ 3. 2,82	79,3 $\pm$ 3. 3,14	5,3	1,25
1 000	71,7 $\pm$ 3. 2,47	76,0 $\pm$ 3. 3,18	4,3	1,06
1 500	72,3 $\pm$ 3. 2,25	69,8 $\pm$ 3. 1,79	2,5	0,84
2 000	70,7 $\pm$ 3. 3,04	69,8 $\pm$ 3. 1,83	0,9	0,25
5 000	70,8 $\pm$ 3. 3,00	72,5 $\pm$ 3. 3,14	1,7	0,39
10 000	70,1 $\pm$ 3. 3,00	85,8 $\pm$ 3. 5,07	15,7	2,66

RL — redukujúce látky.

RH — redukujúce látky po hydrolýze.

Tabuľka 23

Rozdiel a preukaznosť medzi hladinou redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze v semenách kukurice. (Rastliny sme analyzovali v tretí deň po ožiarení.)

dávka v r	RL	RH		
	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	d	t
K	34,5 $\pm$ 3. 1,86	51,4 $\pm$ 3. 2,16	16,9	5,92
500	37,7 $\pm$ 3. 2,78	51,8 $\pm$ 3. 2,15	14,1	4,01
1 000	38,0 $\pm$ 3. 2,43	49,6 $\pm$ 3. 2,63	11,6	3,24
1 500	41,2 $\pm$ 3. 2,09	51,6 $\pm$ 3. 2,10	10,4	3,51
2 000	38,4 $\pm$ 3. 2,40	52,5 $\pm$ 3. 2,02	14,1	4,50
5 000	38,4 $\pm$ 3. 2,17	51,0 $\pm$ 3. 2,51	12,6	3,80
10 000	37,1 $\pm$ 3. 2,43	52,1 $\pm$ 3. 2,35	15,0	4,43

RL — redukujúce látky.

RH — redukujúce látky po hydrolýze.

Tabuľka 24

Rozdiel a preukaznosť medzi hladinou redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze v koleoptilách kukurice. (Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.)

dávka v r	RL	RH		
	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	d	t
K	131,2 $\pm$ 3 . 2,70	135,5 $\pm$ 3 . 1,64	4,3	1,36
500	135,7 $\pm$ 3 . 2,49	138,4 $\pm$ 3 . 1,71	2,7	0,89
1 000	125,1 $\pm$ 3 . 2,33	130,0 $\pm$ 3 . 2,17	4,9	1,54
1 500	129,2 $\pm$ 3 . 1,99	131,2 $\pm$ 3 . 2,40	2,0	6,43
2 000	98,3 $\pm$ 3 . 2,33	132,2 $\pm$ 3 . 2,41	33,9	10,11
5 000	90,3 $\pm$ 3 . 1,83	113,9 $\pm$ 3 . 2,06	23,6	8,58
10 000	62,8 $\pm$ 3 . 1,40	81,1 $\pm$ 3 . 1,57	18,3	8,71

RL — redukujúce látky.

RH — redukujúce látky po hydrolýze.

Tabuľka 25

Rozdiel a preukaznosť medzi hladinou redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze v koreňoch kukurice. (Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.)

dávka v r	RL	RH		
	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	d	t
K	99,3 $\pm$ 3 . 1,89	117,1 $\pm$ 3 . 1,85	17,8	6,98
500	98,1 $\pm$ 3 . 1,76	115,4 $\pm$ 3 . 1,99	17,3	6,52
1 000	98,1 $\pm$ 3 . 1,60	113,9 $\pm$ 3 . 2,03	15,8	6,12
1 500	97,8 $\pm$ 3 . 1,86	110,0 $\pm$ 3 . 2,04	12,2	4,42
2 000	80,4 $\pm$ 3 . 1,89	104,9 $\pm$ 3 . 2,08	24,5	8,71
5 000	76,2 $\pm$ 3 . 2,38	103,0 $\pm$ 3 . 2,05	26,8	8,53
10 000	82,4 $\pm$ 3 . 1,92	102,0 $\pm$ 3 . 2,06	19,6	6,97

RL — redukujúce látky.

RH — redukujúce látky po hydrolýze.

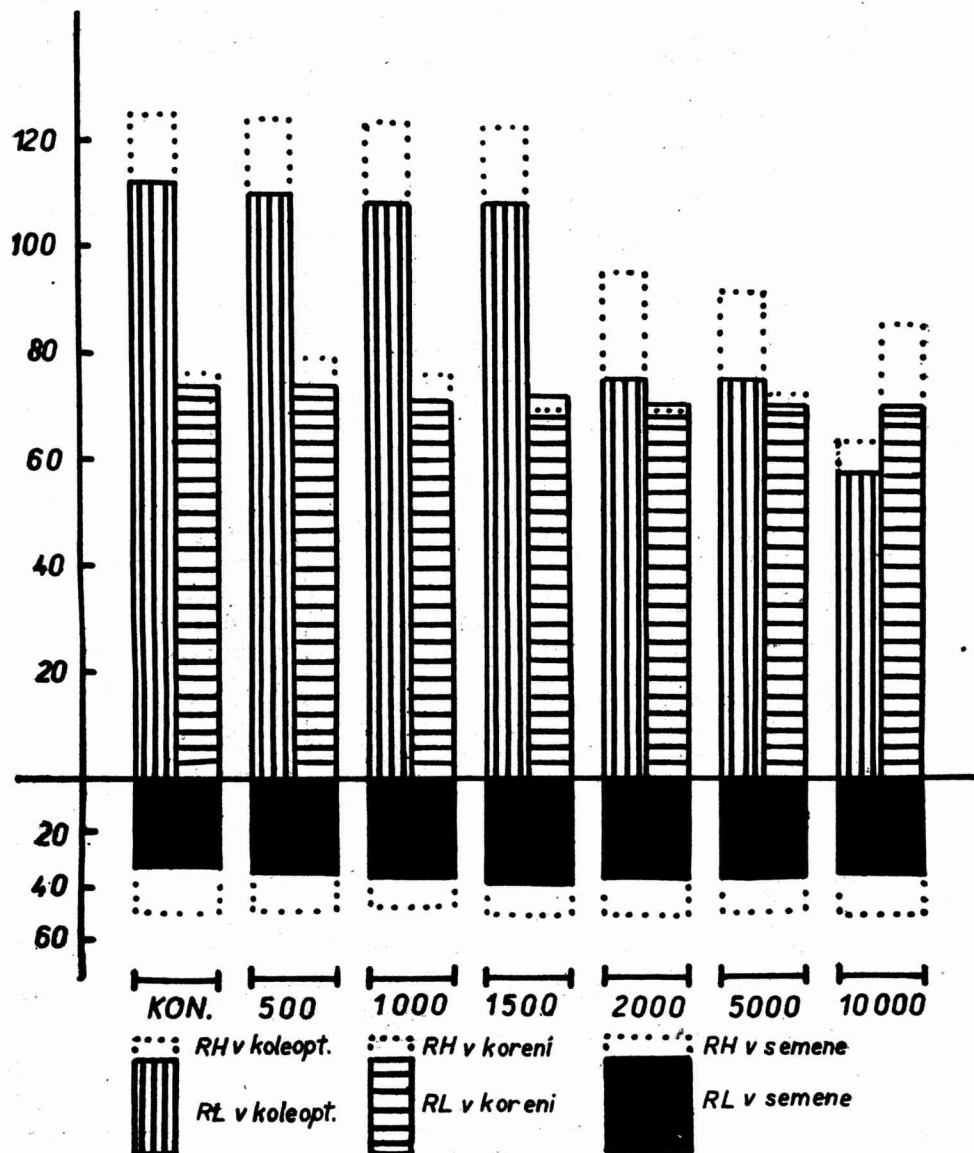
Tabuľka 26

Rozdiel a preukaznosť medzi hladinou redukujúcich látok a redukujúcich látok po hydrolýze v semenách kukurice. (Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení.)

dávka v r	RL	RH		
	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	d	t
K	91,8 $\pm$ 3 . 2,60	143,0 $\pm$ 3 . 1,89	51,2	15,95
500	94,9 $\pm$ 3 . 2,71	145,4 $\pm$ 3 . 1,88	50,5	15,34
1 000	96,5 $\pm$ 3 . 2,63	146,2 $\pm$ 3 . 2,75	49,7	13,07
1 500	89,1 $\pm$ 3 . 2,49	148,3 $\pm$ 3 . 2,75	59,2	16,0
2 000	93,9 $\pm$ 3 . 2,35	140,7 $\pm$ 3 . 2,84	46,8	12,71
5 000	91,5 $\pm$ 3 . 2,91	138,6 $\pm$ 3 . 3,22	47,1	10,72
10 000	88,4 $\pm$ 3 . 2,23	137,9 $\pm$ 3 . 3,49	49,5	11,95

RL — redukujúce látky.

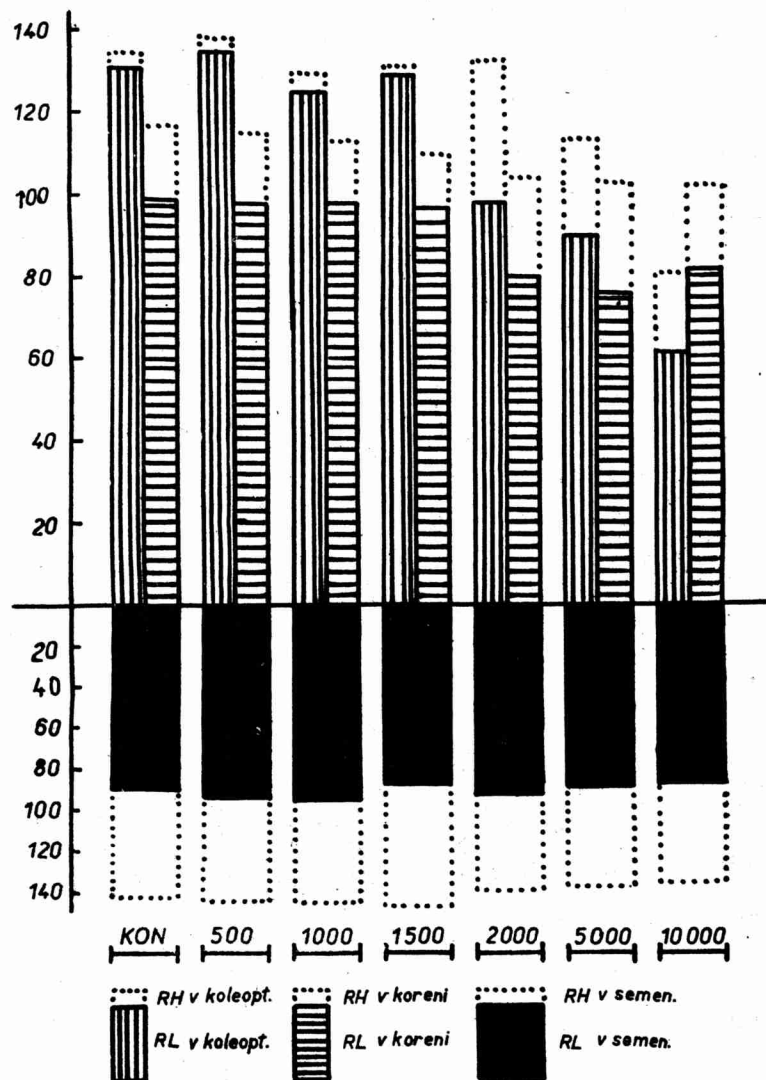
RH — redukujúce látky po hydrolýze.



Graf 12. Obsah redukujúcich látok (RL) a redukujúcich látok po hydrolýze (RH) v klíčiacej kukurici v závislosti od dávky žiarenia. Rastliny sme analyzovali tretí deň po ožiarení. (Množstvá sú v jednotkách gama glukózového ekvivalentu)

(pozri tab. 24 a 22 graf 12, 13). V piaty deň bolo redukujúcich látok po hydrolýze v koreni a v tretí deň v koleoptilách vysoko preukazne viac (tab. 21, 25, graf 12, 13). Ako ukázala chromatografická analýza, toto zvýšenie nespôsobuje sacharóza.

V semene sme konštatovali po hydrolýze vysoko preukazne viac redukujúcich



Graf 13. Obsah redukujúcich látok (RL) a redukujúcich látok po hydrolýze (RH) v klíčiacej kukurici v závislosti od dávky žiarenia. Rastliny sme analyzovali piaty deň po ožiarení. (Množstvá sú v jednotkách gama glukózového ekvivalentu.)

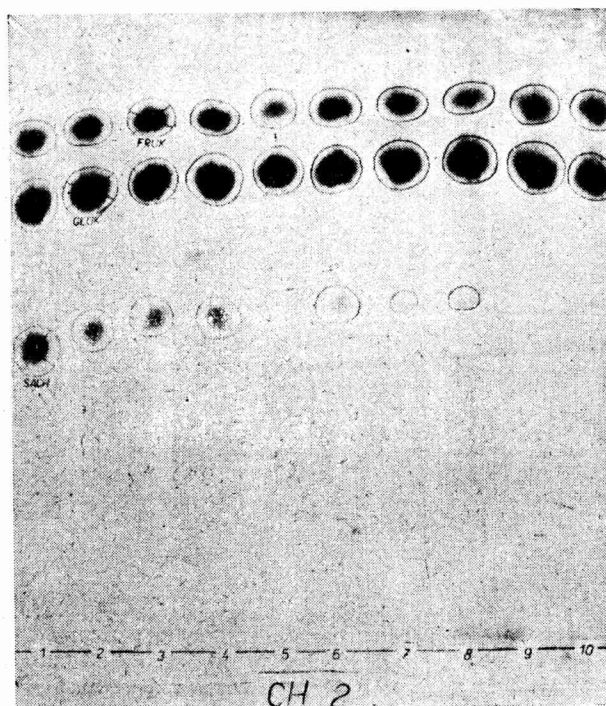
látok, ktoré podľa chromatografickej analýzy pripisujeme redukčnej schopnosti sacharózy (tab. 23, 26, graf 12, 13).

Medzi tretím a piatym dňom hladina redukujúcich látok aj redukujúcich látok po hydrolýze vo všetkých orgánoch vysoko vystúpila.

Chromatografickou analýzou sme zistili (pozri obr. 18, 19, graf 14, 15, tab. 27, 28, 29), že v koleoptilách sa z voľných glycidov nachádza v najväčšom množstve

glukóza, menej fruktózy a veľmi málo sacharózy. V koreňoch sme zistili len glukózu a fruktózu a v nami použitej nanáške sme nezistili žiadnu sacharózu. Ukazuje sa, že zvýšenie hladiny redukujúcich látok po hydrolýze kyselinou šťaveľovou v koreni analyzovanom v tretí deň, nie je spôsobené sacharózou, ale látkami iného druhu. Podobne ako v koleoptilách aj v koreňoch pozorujeme, že hladina glycidov ako aj redukujúcich látok je v piaty deň vyššia ako v tretí deň. Značný pokles pozorujeme len u neznámej látky, ktorá redukovala v tretí deň u koreňa Somogyiho činidlo po hydrolýze s kyselinou šťaveľovou.

Pri analyzovaní semien sme zistili, že po hydrolýze máme podstatne viac reduku-

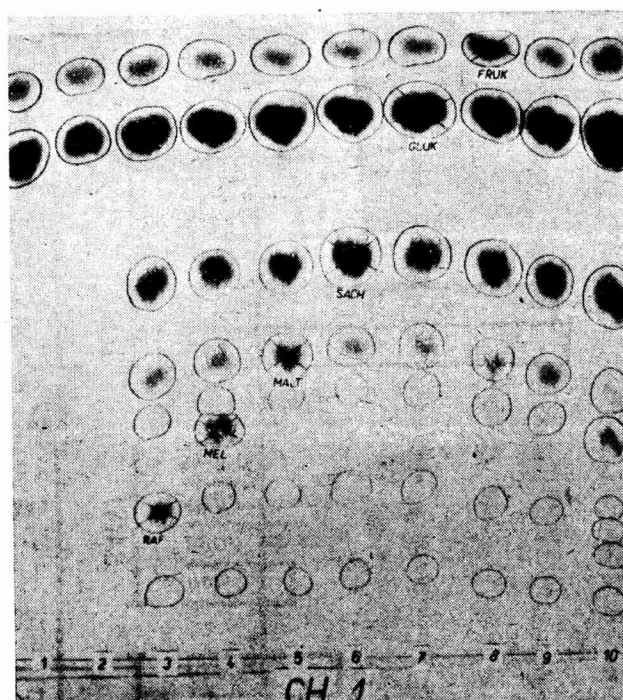


Obr. 18. Chromatografické rozdelenie voľných glycidov.

Čís. štartu	Orgán	Deň po ožiarení	Svedok	Dávka v r
1	koleoptila	5	sacharóza	—
2	koleoptila	5	glukóza	—
3	koleoptila	5	fruktóza	—
4	koleoptila	5	—	—
5	koleoptila	5	—	10 000
6	koleoptila	3	—	—
7	koleoptila	3	—	5 000
8	koleoptila	3	—	10 000
9	koreň	5	—	—
10	koreň	5	—	10 000

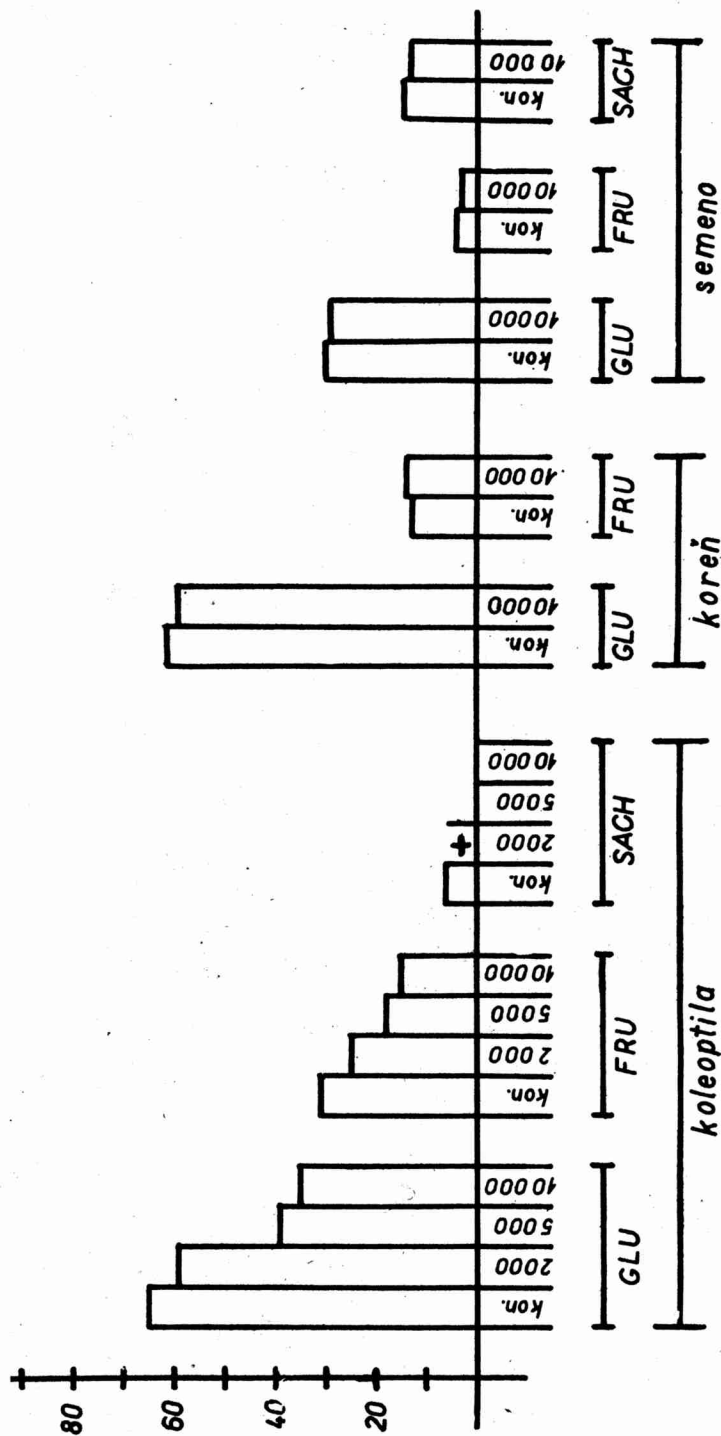
júcich látok tak v tretí deň, ako aj v piaty deň. Z jednotlivých glycidov sme identifikovali v tretí deň smerom od štartu tieto glycidy: neznámy glycid, rafinózu, neznámy glycid, o ktorom sa ukázalo, že nie je melibiózou, maltózu, sacharózu, glukózu a fruktózu. V piaty deň sa nám vyskytovali navyše ešte dva neidentifikované glycidy (pozri obr. 18, 19).

Z tabuliek 30 a 33 a z grafov 12 a 13 vidíme, že v koleoptilách u dávok 500, 1000 a 1500 r pokles redukujúcich látok aj redukujúcich látok po hydrolýze nie je štatisticky preukazný. Začínajúc dávkou 2000 r, je u koleoptily tak v treťom, ako aj v piatom dni pokles vysoko preukazný. Výnimku tvoria redukujúce látky po hydro-

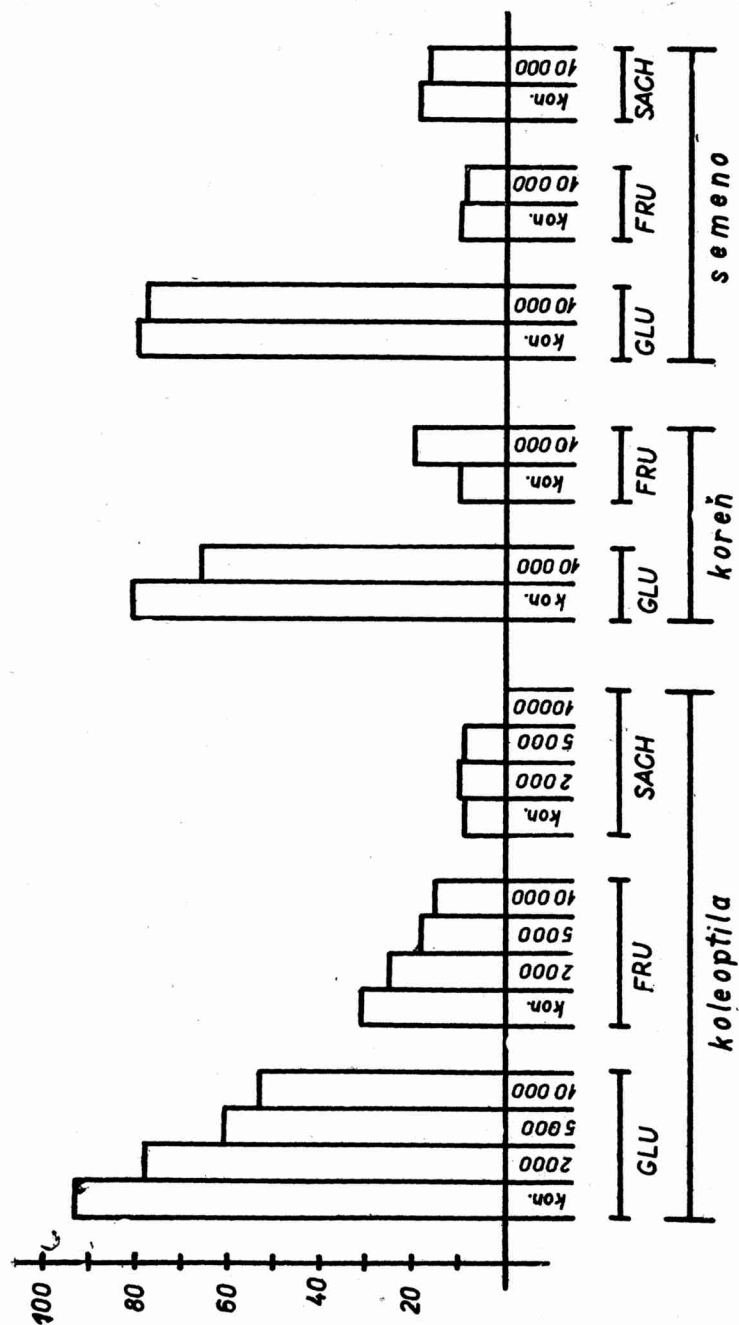


Obr. 19. Chromatografické rozdelenie voľných glycidov.

Čís. štartu	Orgán	Deň po ožiarení	Svedok	Dávka v r
1	koreň	3	—	—
2	koreň	3	—	10 000
3	semeno	3	rafinóza	—
4	semeno	3	melibióza	—
5	semeno	3	maltóza	—
6	semeno	3	sacharóza	—
7	semeno	3	glukóza	—
8	semeno	3	fruktóza	—
9	semeno	3	—	—
10	semeno	5	—	—



Graf 14. Obsah glukózy, fruktózy a sacharózy v orgánoch klíčiacej kukurice v závislosti od dávky žiarenia. Rastliny sme analyzovali v treť deň po ožiarení. (Množstvá sú vyjadrené v jednotkách gama)



Graf 15. Obsah glukózy, fruktózy a sacharózy v orgánoch klíčiacej kukurice v závislosti od dávky žiarenia. Rastliny sme analyzovali v piaty deň po ožiarení. (Množstvá sú vyjadrené v gama)

Tabuľka 27

Hladina glukózy v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v tretí a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v g	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	63,4 $\pm$ 3 . 1,69	100,00		
		2 000	59,8 $\pm$ 3 . 1,80	91,43	5,6 2,27	
		5 000	39,4 $\pm$ 3 . 1,62	60,24	26,0 11,11	20,4 8,42
		10 000	35,4 $\pm$ 3 . 0,74	54,12	30,0 16,30	24,4 12,44
	5. deň	K	93,6 $\pm$ 3 . 1,34	100,00		
		2 000	78,2 $\pm$ 3 . 1,77	83,54	15,4 6,93	
		5 000	61,2 $\pm$ 3 . 1,49	65,38	3,24 16,20	17,0 7,35
		10 000	53,6 $\pm$ 3 . 1,47	57,26	40,0 20,20	24,6 11,88
Koreň	3. deň	K	61,2 $\pm$ 3 . 1,39	100,00		
		10 000	59,6 $\pm$ 3 . 1,03	97,38	1,6 0,92	
	5. deň	K	81,4 $\pm$ 3 . 1,20	100,00		
		10 000	66,4 $\pm$ 3 . 0,67	81,57	15,0 10,94	
Semenó	3. deň	K	30,8 $\pm$ 3 . 2,09	100,00		
		10 000	92,2 $\pm$ 3 . 2,22	94,80	1,6 0,52	
	5. deň	K	80,0 $\pm$ 3 . 2,28	100,00		
		10 000	78,0 $\pm$ 3 . 2,22	97,50	2,0 0,62	

Tabuľka 28

Hladina fruktózy v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice v tretí a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	31,6 $\pm$ 3 . 1,21	100,00		
		2 000	25,6 $\pm$ 3 . 0,82	81,01 6,0 4,10		
		5 000	18,4 $\pm$ 3 . 0,74	58,22 13,2 9,36	7,2 6,54	
		10 000	15,5 $\pm$ 3 . 0,79	49,05 16,1 11,18	10,1 8,93	2,9 2,68
	5. deň	K	30,0 $\pm$ 3 . 1,13	100,00		
		2 000	17,2 $\pm$ 3 . 0,48	57,33 12,8 10,49		
		5 000	18,4 $\pm$ 3 . 1,16	61,33 11,6 7,20	1,2 0,96	
		10 000	10,7 $\pm$ 3 . 0,21	35,66 19,3 16,92	6,5 12,50	7,7 6,58
Koreň	3. deň	K	13,6 $\pm$ 3 . 0,31	100,00		
		10 000	14,6 $\pm$ 3 . 0,38	107,35 1,0 2,04		
	5. deň	K	10,7 $\pm$ 3 . 1,04	100,00		
		10 000	20,0 $\pm$ 3 . 0,89	186,91 9,3 5,50		
Semená	3. deň	K	4,5 $\pm$ 3 . 0,29	100,00		
		10 000	3,9 $\pm$ 3 . 0,32	86,66 0,6 1,39		
	5. deň	K	10,5 $\pm$ 3 . 0,44	100,00		
		10 000	9,7 $\pm$ 3 . 0,42	92,38 0,8 1,33		

Tabuľka 29

Hladina sacharózy v koleoptilách a v semenách kukurice v treť a piaty deň po ožiarení v závislosti od aplikovanej dávky

	Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	2000	5000
Koleoptila	3. deň	K	$6,0 \pm 3 \cdot 0,19$	100,00		
		2 000	+			
		5 000				
		10 000				
	5. deň	K	$9,7 \pm 3 \cdot 0,13$	100,00		
		2 000	$10,0 \pm 3 \cdot 0,53$	103,09	0,3 0,55	
		5 000	$9,5 \pm 3 \cdot 0,14$	97,93	0,2 1,05	0,5 0,92
		10 000				
Semenó	3. deň	K	$14,1 \pm 3 \cdot 0,58$	100,00		
		10 000	$13,4 \pm 3 \cdot 0,41$	95,03	0,7 0,98	
	5. deň	K	$19,5 \pm 3 \cdot 1,07$	100,00		
		10 000	$17,8 \pm 3 \cdot 1,05$	91,28	1,7 1,14	

lýze piaty deň pri dávke 2000 r. Kým hladina redukujúcich látok nápadne poklesla, hladina redukujúcich látok po hydrolýze sa vôbec nezmenila. U koleoptily v hladine redukujúcich látok po hydrolýze badať znateľný pokles len pri dávke 10 000 r v treť deň. Celkový pokles hladiny redukujúcich látok je spôsobený poklesom redukujúcich látok bez hydrolýzy. V piaty deň pozorujeme, že kým hladina všetkých redukujúcich látok klesá následkom poklesu redukujúcich látok bez hydrolýzy, pri troch najvyšších dávkach ožiarenia množstvo redukujúcich látok po hydrolýze stúplo. Zaujímavé je konfrontovať tieto výsledky s výsledkami stanovenia sacharózy.

V koreni sme v treťom dni pod účinkom ožiarenia nepozorovali žiadnu zmenu ani v redukujúcich látkach, ani v redukujúcich látkach po hydrolýze (pozri graf 12, 13, tab. 31). Podľa našich výsledkov nám žiarenie do hladiny redukujúcich látok vôbec nezasiahlo. Stúpnutie množstva redukujúcich látok po hydrolýze, ktoré je výrazné u dávky 10 000 r, po štatistickom spracovaní sa ukázalo ako nepodstatné. V koreni v piaty deň (pozri tab. 34, graf 12, 13), pozorujeme zase vo všetkých redukujúcich látkach pokles, preukazný u dávok, ktoré inhibovali rast koreňa. Tento pokles všetkých redukujúcich látok je spôsobený poklesom redukujúcich látok bez hydrolýzy. Redukujúce látky po hydrolýze vykazujú stúpnutie hladiny v závislosti od dávky.

Tabuľka 30a

Hladina redukujúcich látok v koleoptilách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v treť deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	112,6 ± 3 . 2,58	100,00						
500	110,7 ± 3 . 2,98	98,31	1,9 0,48					
1 000	108,7 ± 3 . 2,78	96,53	3,9 1,02	2,0 0,49				
1 500	108,3 ± 3 . 3,14	96,18	4,3 1,05	2,4 0,55	0,4 0,09			
2 000	75,6 ± 3 . 1,98	67,14	37,0 11,38	35,1 9,83	33,1 9,70	32,7 8,81		
5 000	75,6 ± 3 . 1,84	67,14	37,0 11,70	35,1 10,02	33,1 9,93	32,7 9,00	0,0 0,0	
10 000	57,5 ± 3 . 3,18	51,06	55,1 13,47	53,2 12,22	51,2 12,13	50,8 11,39	18,1 4,83	18,1 4,93

Tabuľka 30b

Hľadina redukujúcich látok po hydrolyze v koleoptilách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v treťi deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	125,5 ± 3 . 3,39	100,00						
500	124,1 ± 3 . 3,35	98,88	1,4 0,29					
1 000	123,0 ± 3 . 3,43	98,00	2,5 0,51	1,1 0,22				
1 500	122,5 ± 3 . 3,57	97,60	3,0 0,60	1,6 0,32	0,5 0,10			
2 000	95,7 ± 3 . 2,65	76,25	29,8 6,93	28,4 6,65	27,3 6,30	26,8 6,03		
5 000	91,3 ± 3 . 2,62	72,74	34,2 7,99	32,8 7,71	31,7 7,35	31,2 7,05	4,4 1,18	
10 000	63,9 ± 3 . 2,14	50,91	61,6 15,4	60,2 15,16	59,1 14,62	58,6 14,08	31,8 9,35	27,4 8,10

Tabuľka 31a

Hľadina redukujúcich látok v koreňoch kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v treťi deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	74,2 $\pm$ 3 . 2,78	100,00						
500	74,0 $\pm$ 3 . 2,82	99,73	0,2 0,05					
1 000	71,7 $\pm$ 3 . 2,47	96,63	2,5 0,67	2,3 0,61				
1 500	72,3 $\pm$ 3 . 2,25	97,43	1,9 0,53	1,7 0,47	0,6 0,17			
2 000	70,7 $\pm$ 3 . 3,04	95,28	5,5 0,84	3,3 0,79	1,0 0,25	1,6 0,42		
5 000	70,8 $\pm$ 3 . 3,00	95,41	3,4 0,83	3,2 0,77	0,9 0,23	1,5 0,40	0,1 0,02	
10 000	70,1 $\pm$ 3 . 3,00	94,47	4,1 1,00	3,9 0,94	1,6 0,41	2,2 0,58	0,6 0,14	0,7 0,16

Tabuľka 31b

Hladina redukujúcich látok po hydrolyze v koreňoch v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v treť deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_x$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	76,3 ± 3 . 3,24	100,00						
500	79,3 ± 3 . 3,14	103,93	3,0 0,66					
1 000	76,0 ± 3 . 3,18	99,60	0,3 0,06	3,3 0,73				
1 500	69,8 ± 3 . 1,79	91,48	6,5 1,75	9,5 2,63	6,2 1,70			
2 000	69,8 ± 3 . 1,83	91,48	6,5 1,74	9,5 2,61	6,2 1,69	0,0 0,0		
5 000	72,5 ± 3 . 3,14	95,01	3,8 0,84	6,8 1,53	3,5 0,78	2,7 0,74	2,7 0,74	
10 000	85,8 ± 3 . 5,07	112,45	9,5 1,58	6,5 1,09	9,8 1,63	16,0 2,97	16,0 2,96	13,3 2,22

Tabuľka 32a

Hladina redukujúcich látok v semenách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v treťi deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_x$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	$34,5 \pm 3 \cdot 1,86$	100,00						
500	$37,7 \pm 3 \cdot 2,78$	109,27	3,2 0,95					
1 000	$38,0 \pm 3 \cdot 2,43$	110,14	3,5 1,14	0,3 0,08				
1 500	$41,2 \pm 3 \cdot 2,09$	119,42	6,7 2,01	3,5 1,00	3,2 1,00			
2 000	$38,4 \pm 3 \cdot 2,40$	111,30	3,9 1,28	0,7 0,19	0,4 0,11	2,8 0,84		
5 000	$38,4 \pm 3 \cdot 2,17$	111,30	3,9 1,36	0,7 0,19	0,4 0,12	2,8 0,93	0,0 0,0	
10 000	$37,1 \pm 3 \cdot 2,43$	107,53	2,6 0,84	0,6 0,16	0,9 0,26	4,1 1,28	1,3 0,38	1,3 0,40

Tabuľka 32b

Hladina redukujúcich látok po hydrolyze v semenách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v tretí deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	51,4 ± 3 · 2,16	100,00						
500	51,8 ± 3 · 2,15	100,77	0,4 0,13					
1 000	49,6 ± 3 · 2,63	96,49	1,8 0,52	2,2 0,64				
1 500	51,6 ± 3 · 2,10	100,38	0,2 0,66	0,2 0,06	2,0 0,59			
2 000	52,5 ± 3 · 2,02	102,14	1,1 0,37	0,7 0,24	2,9 0,87	0,9 0,30		
5 000	51,0 ± 3 · 2,51	99,22	0,4 0,12	0,8 0,24	1,4 0,38	0,6 0,18	1,5 0,46	
10 000	52,1 ± 3 · 2,35	101,36	0,7 0,21	0,3 0,09	2,5 0,71	0,5 0,15	0,4 0,12	1,1 0,32

Tabuľka 33a

Hladina redukujúcich látok v koleoptilách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v piaty deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	131,2 $\pm$ 3 . 2,70	100,00						
500	135,7 $\pm$ 3 . 2,49	103,42	4,5 1,22					
1 000	125,1 $\pm$ 3 . 2,33	95,35	6,1 1,71	10,6 3,10				
1 500	129,2 $\pm$ 3 . 1,99	98,47	2,0 0,59	6,5 2,04	4,1 1,33			
2 000	98,3 $\pm$ 3 . 2,33	74,92	32,9 9,24	37,4 10,96	26,8 8,14	30,9 10,09		
5 000	90,3 $\pm$ 3 . 1,83	68,82	40,9 12,54	45,4 14,69	34,8 11,75	38,9 14,40	8,0 2,70	
10 000	62,8 $\pm$ 3 . 1,40	47,86	62,4 20,52	72,9 25,57	62,3 22,98	66,4 27,32	33,5 13,09	27,5 11,95

Tabuľka 33b

Hladina redukujúcich látok po hydrolyze v koleoptilách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v piaty deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	$135,5 \pm 3 \cdot 1,64$	100,00						
500	$138,4 \pm 3 \cdot 1,71$	102,14	2,9 1,22					
1 000	$130,0 \pm 3 \cdot 2,17$	95,94	5,5 2,02	8,4 3,04				
1 500	$131,2 \pm 3 \cdot 2,40$	96,82	4,3 1,48	7,2 2,44	1,2 0,37			
2 000	$132,2 \pm 3 \cdot 2,41$	97,56	3,3 1,13	6,2 2,1	2,2 0,67	1,0 0,29		
5 000	$113,9 \pm 3 \cdot 2,06$	84,05	21,6 8,21	24,5 9,17	16,1 5,38	17,3 5,47	18,3 5,77	
10 000	$81,1 \pm 3 \cdot 1,57$	59,85	54,4 23,96	57,3 24,69	48,9 18,31	50,1 17,51	51,1 17,80	32,8 12,66

Tabuľka 34a

Hladina redukujúcich látok v koreňoch kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v piaty deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	99,3 ± 3 . 1,89	100,00						
500	98,1 ± 3 . 1,76	98,79	1,2 0,46					
1 000	98,1 ± 3 . 1,60	98,79	1,2 0,48	0,0 0,0				
1 500	97,8 ± 3 . 1,86	98,48	1,5 0,56	0,3 0,11	0,3 0,12			
2 000	80,4 ± 3 . 1,89	80,96	18,9 7,07	17,7 6,86	17,7 7,16	17,4 6,59		
5 000	76,2 ± 3 . 2,38	76,73	23,1 7,62	21,9 7,37	21,9 7,65	21,6 7,15	4,2 1,38	
10 000	82,4 ± 3 . 1,92	82,98	16,9 6,05	15,7 6,03	15,7 6,30	15,4 5,76	2,0 0,74	6,2 2,03

Tabuľka 34b

Hladina redukujúcich látok po hydrolyze v koreňoch kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v piaty deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	117,1 $\pm$ 3 . 1,85	100,00						
500	115,4 $\pm$ 3 . 1,99	98,54	1,7 0,62					
1 000	113,9 $\pm$ 3 . 2,03	97,26	3,2 1,16	1,5 0,52				
1 500	110,0 $\pm$ 3 . 2,04	93,93	7,1 2,58	5,4 1,90	3,9 1,35			
2 000	104,9 $\pm$ 3 . 2,08	89,58	12,2 4,38	10,5 3,65	9,0 3,10	5,1 1,75		
5 000	103,0 $\pm$ 3 . 2,05	87,95	14,1 5,1	12,4 4,35	10,9 3,78	7,0 2,42	1,9 0,64	
10 000	102,0 $\pm$ 3 . 2,06	87,10	15,1 5,47	13,4 4,68	11,9 4,11	8,0 2,77	2,9 0,99	1,0 0,34

Tabuľka 35a

Hladina redukujúcich látok v semenách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v piaty deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	91,8 ± 3 . 2,60	100,00						
500	94,9 ± 3 . 2,71	103,37	3,1 0,82					
1 000	96,5 ± 3 . 2,63	105,11	4,7 1,27	1,6 0,42				
1 500	89,1 ± 3 . 2,49	97,05	2,7 0,75	5,8 1,57	7,4 2,04			
2 000	93,9 ± 3 . 2,35	102,28	2,1 0,6	1,0 0,27	3,0 0,85	4,8 1,40		
5 000	91,5 ± 3 . 2,91	99,67	0,3 0,07	3,4 0,85	5,0 1,27	2,4 0,62	2,4 0,64	
10 000	88,4 ± 3 . 2,23	96,29	3,4 0,99	6,5 1,85	8,1 2,35	0,2 0,05	5,5 1,70	3,1 0,84

Tabuľka 35b

Hladina redukujúcich látok po hydrolyze v semenách kukurice v závislosti od dávky žiarenia
(Rastliny sme analyzovali v piaty deň)

Dávka v r	$\bar{x} \pm \gamma \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	%	K	500	1000	1500	2000	5000
K	143,0 $\pm$ 3 $\cdot$ 1,89	100,00						
500	145,4 $\pm$ 3 $\cdot$ 1,88	101,68	2,4 0,90					
1 000	146,2 $\pm$ 3 $\cdot$ 2,75	102,23	3,2 0,96	0,8 0,24				
1 500	143,3 $\pm$ 3 $\cdot$ 2,75	103,70	5,3 1,59	2,9 0,87	2,1 0,54			
2 000	140,7 $\pm$ 3 $\cdot$ 2,84	98,39	2,3 0,67	4,7 1,38	5,5 1,39	7,6 1,92		
5 000	138,6 $\pm$ 3 $\cdot$ 3,22	96,92	4,4 1,17	6,8 1,82	7,6 1,79	9,7 2,29	2,1 0,48	
10 000	137,9 $\pm$ 3 $\cdot$ 3,49	96,43	5,1 1,37	7,5 1,89	8,3 1,86	10,4 2,34	2,8 0,62	0,7 0,14

V semene v tretí aj piaty deň sú všetky zmeny v hladine redukujúcich látok aj redukujúcich látok po hydrolýze bezpodstatné.

Pri kvantitatívnom hodnotení obsahu glukózy, fruktózy a sacharózy analyzovali sme len tie orgány, u ktorých sme na základe predbežných analýz a výsledkov analýz redukujúcich látok predpokladali zmeny v hladine voľných glycidov.

V koleoptilách, kde sme analyzovali tak v piaty, ako aj v tretí deň rastliny vyrastené zo semien ožiarených dávkou 2000, 5000 a 10 000 r a rastliny kontrolné, pozorujeme, že so stúpajúcou dávkou žiarenia klesá obsah glukózy. Tento pokles je vo všetkých prípadoch nad hranicou vysokej preukaznosti s výnimkou dávky 2000 r, kde je iba preukazný. Vo všetkých prípadoch sú vysoko preukazné aj rozdiely medzi jednotlivými dávkami (tab. 27, graf 14, 15). Výnimku robí rozdiel medzi dávkou 2000 a 5000 r v tretí deň.

Podobne klesá v koleoptilách v závislosti od ožiarenia v oboch analyzovaných dňoch aj hladina fruktózy (pozri obr. 18, graf 14, 15 a tab. 28). Všetky výsledky sú vysoko preukazné s výnimkou rozdielu medzi dávkou 2000 a 5000 r, v tretí deň, ktoré štatistické súbory sú preukazné.

Veľké ťažkosti sme mali so stanovením sacharózy, pretože množstvá glukózy vysoko prevyšovali jej obsah. Sacharóza sa v koleoptilách prejavila ako obzvlášť citlivá na ožiarenie (pozri obr. 18, graf 14, 15). V tretí deň sme ju stanovili iba v kontrole, pri dávkach 2000 r sa nachádzala iba stopa, pri dávkach 5000 a pri 10 000 r úplne chýbala. V piaty deň bol jej obsah u kontroly aj u dávok 2000 a 5000 r vyrovnaný. V koleoptilách vyrastených zo semien ožiarených dávkou 10 000 r sme sacharózu vôbec nedokázali.

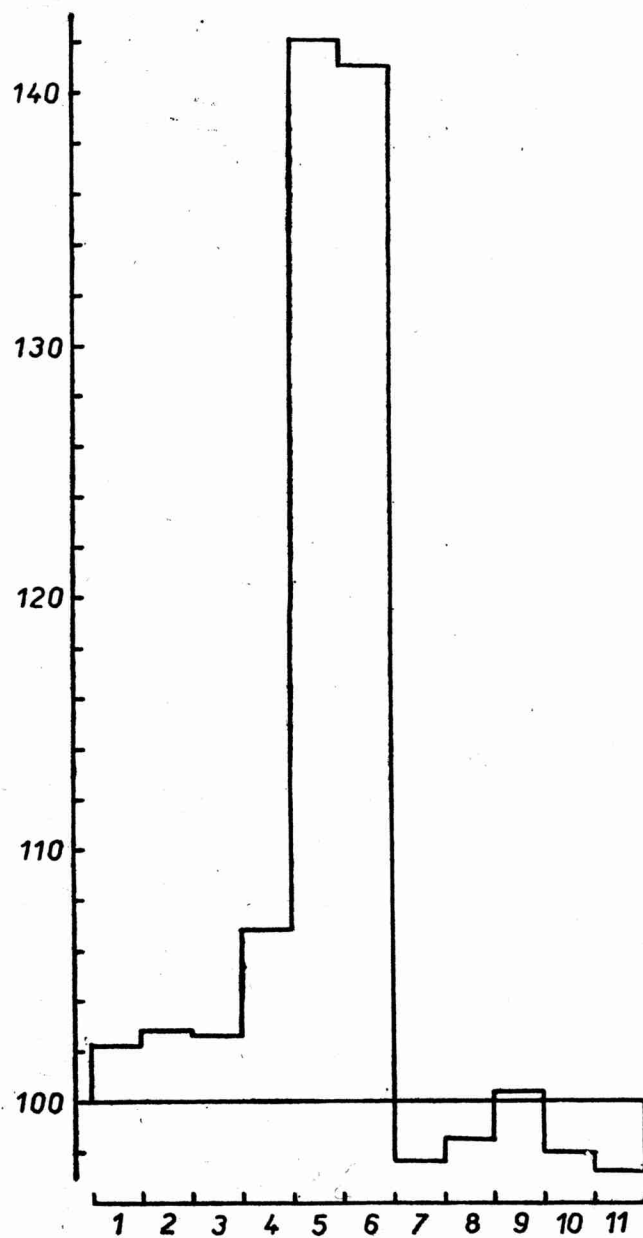
Keďže sme po predbežných analýzach a výsledkoch redukujúcich látok neočakávali v koreni podstatné zmeny, analyzovali sme len rastliny vyrastené zo semien ožiarených dávkou 10 000 r a rastliny kontrolné. V treťom dni sa ukázalo, že sa nemení ani hladina glukózy ani hladina fruktózy. V piatom dni pozorujeme u glukózy preukazný pokles jej hladiny, u fruktózy zase preukazný vzostup (pozri tab. 28, graf 14, 15).

Vychádzajúc z grafov 14, 15 pozorujeme, že všetky voľné glycidy v ožiarených semenách sa nachádzajú v menšom množstve v porovnaní so semenami kontrolnými. Podľa tabuliek 27, 28, 29 však vidíme, že tento pokles bol štatisticky nepreukazný.

Pri porovnaní výsledkov, ktoré sme dostali analýzami na redukujúce látky a redukujúce látky po hydrolýze s výsledkami dosiahnutými pri chromatografii voľných glycidov vidíme, že sa výsledky v mnohých prípadoch rozchádzajú. Analýzy na redukujúce látky ukazujú, že množstvo redukujúcich látok v ožiarených rastlinách klesá, čo je v súlade s poklesom glukózy, zisteným chromatografickou analýzou. Na druhej strane pri najvyšších dávkach ožiarenia sme v niektorých prípadoch pozorovali, že podiel redukujúcich látok po hydrolýze s kyselinou šťaveľovou vystúpil. Sacharózu, ktorá by mohla spôsobiť tento úkaz, sme chromatografickou analýzou dokázali v menšom množstve ako v kontrole, alebo sme pozorovali jej úplnú stratu.

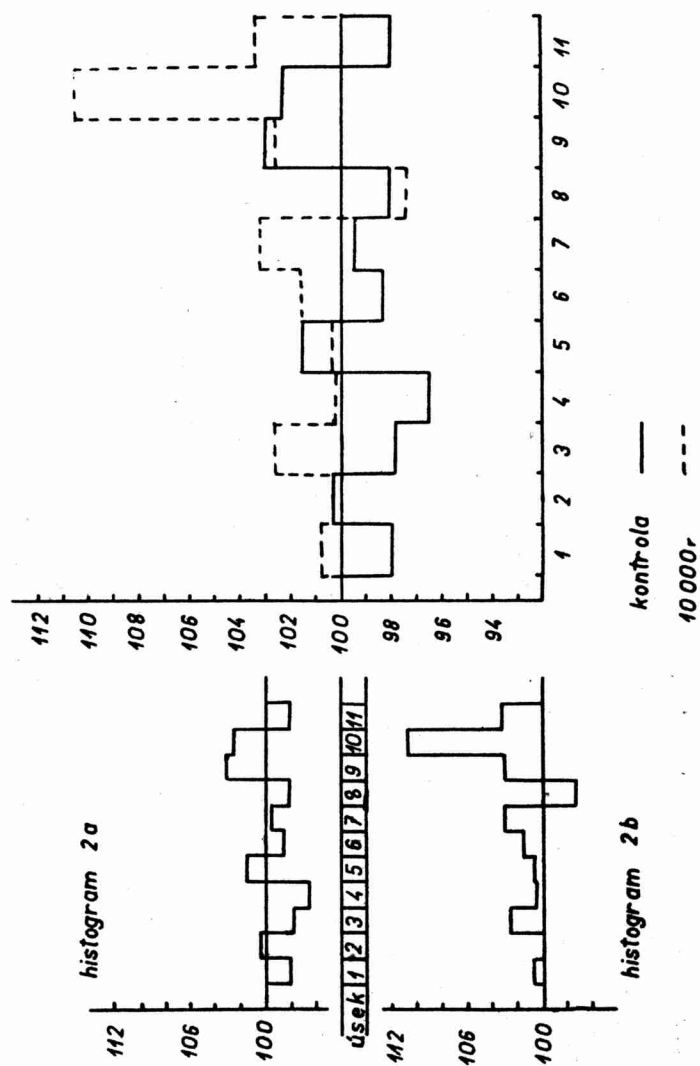
Ukázalo sa, že stúpnutie hladiny redukujúcich látok po hydrolýze je zapríčinené inou látkou ako sacharóza. Túto látku sme bližšie neidentifikovali.

Vplyv ionizačného žiarenia na dynamiku rastových a inhibičných látok. Z mnohých prác vyplýva, že fyziologické a morfológické reakcie rastlín môžu byť výsledkom kvantitatívnych a kvalitatívnych premien v biosyntéze heteroauxínu. Okrem priameho narušenia látok auxínového typu, prípadne ich biosyntézy, môže prichádzať



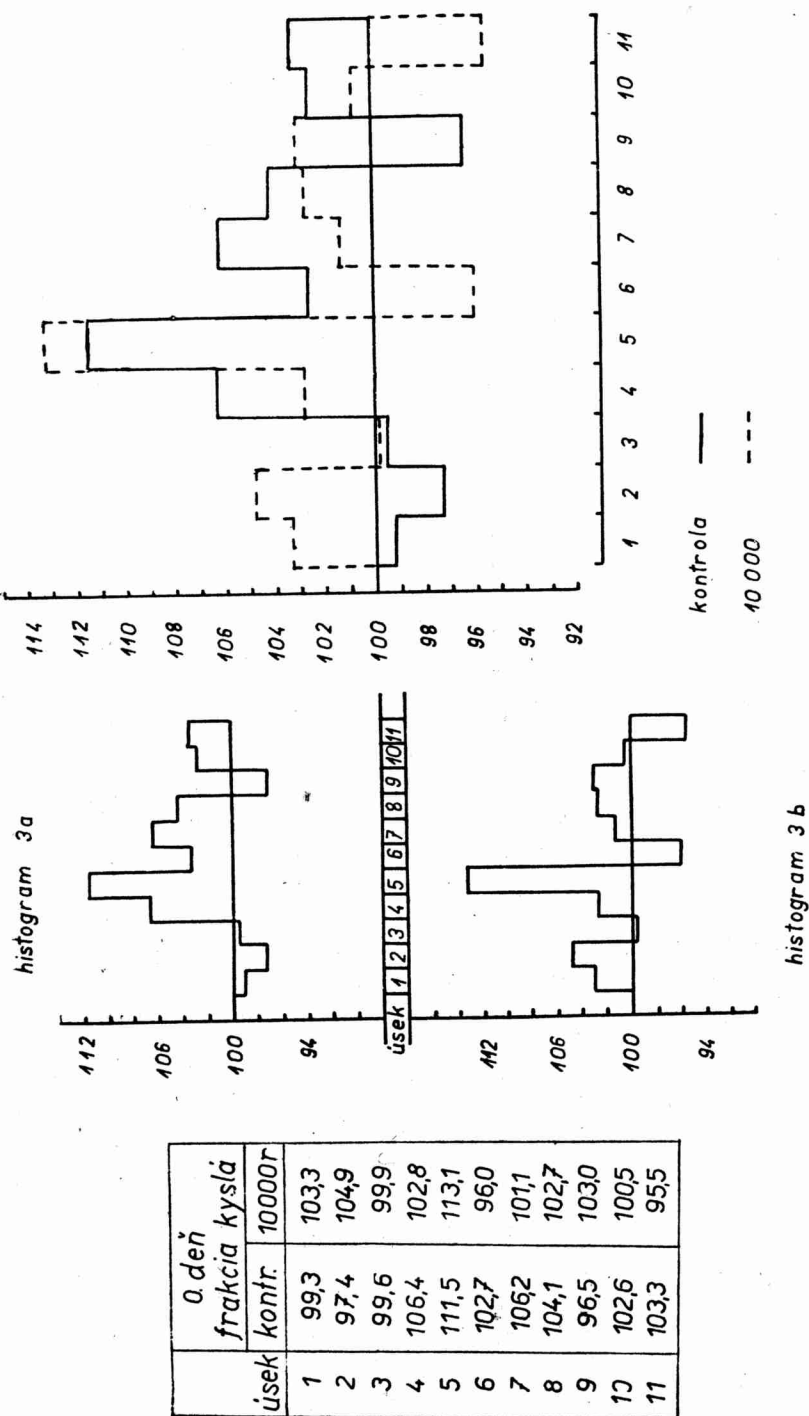
Histogram 1. Predĺženie subapikálnych segmentov ovsenej koleoptily, spôsobené syntetickou IAA, keď dĺžka segmentov vyrastených na elučnom číidle = 100%. Čísla na osi x nám udávajú jednotlivé úseky chromatogramu, čísla na osi y % prírastku.

úsek	IAA
1	102,2
2	102,8
3	102,7
4	106,8
5	142,0
6	141,0
7	97,7
8	98,6
9	100,4
10	98,0
11	97,3

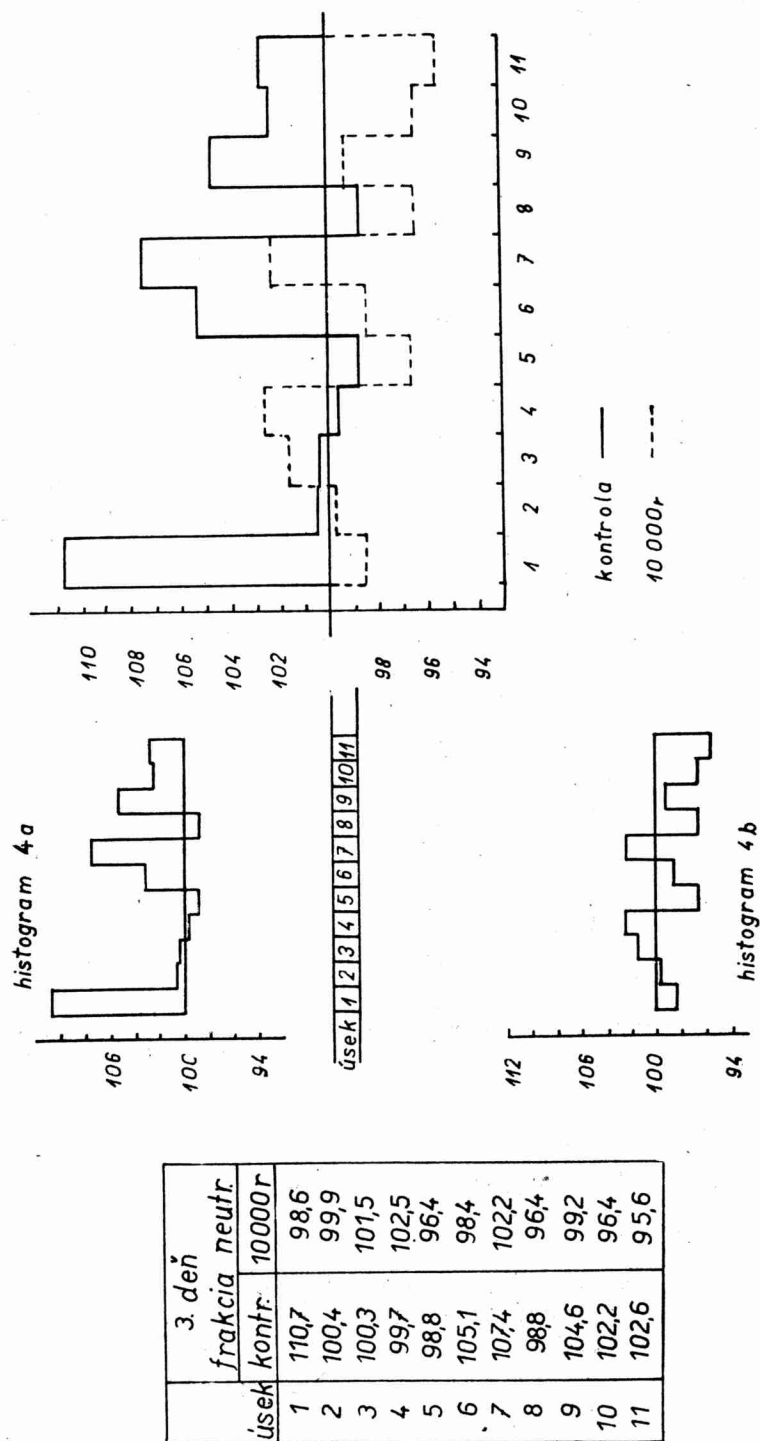


úsek	0. deň frakcia neutr.	
	kontr.	10000 r
1	98,0	100,7
2	100,3	100,0
3	97,9	102,5
4	96,5	100,2
5	101,5	100,4
6	98,2	101,5
7	99,5	103,0
8	98,0	97,3
9	103,0	102,5
10	102,3	110,4
11	98,0	103,2

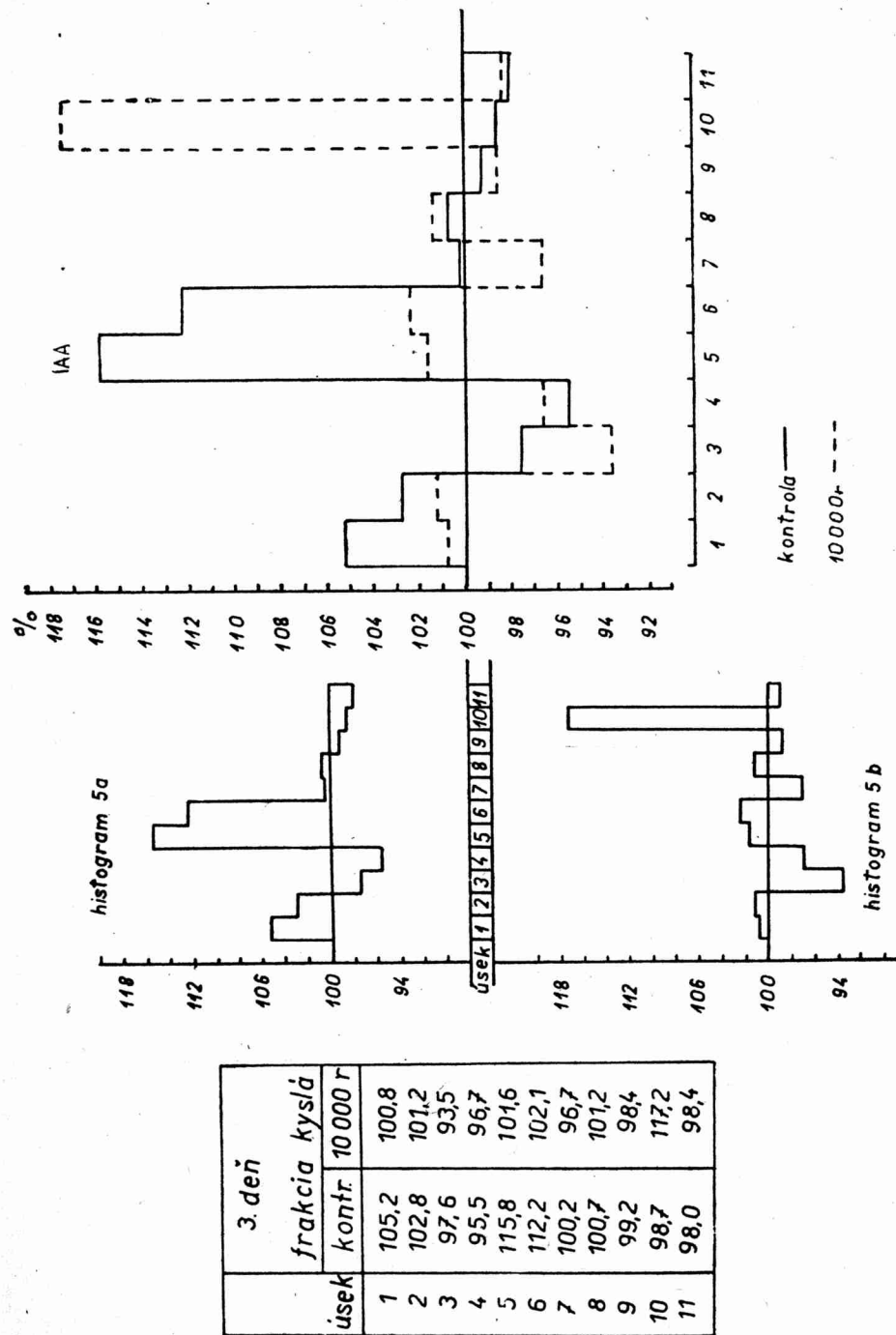
Histogram 2. Biologický test neutrálnych frakcií po chromatografickom rozdelení v „nulový deň“.
Na osi x sú jednotlivé úseky chromatogramu, na osi y % prírastku.



Histogram 3. Biologický test kyslej frakcie po chromatografickom rozdelení v „nulový deň“. Na osi x sú jednotlivé úseky chromatogramu, na osi y % prírastku.

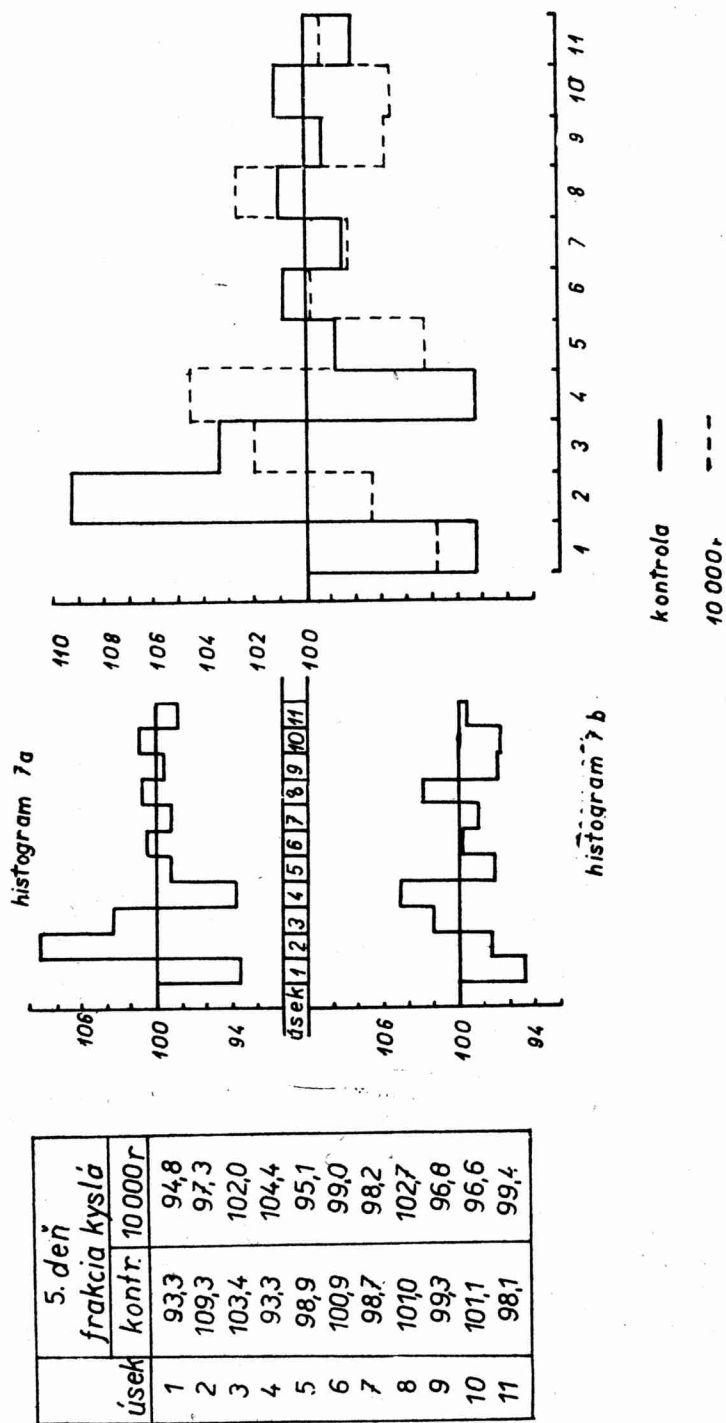


Histogram 4. Biologický test neutrálnej frakcie po chromatografickom rozdelení v „3. deň“. Na osi x sú jednotlivé úseky chromatogramu, na osi y % prírastku.



Histogram 5. Biologický test kyslej frakcie po chromatografickom rozdelení v „3. deň“. Na osi x sú jednotlivé úseky chromatogramu, na osi y % prírastku.

697



Histogram 7. Biologický test kyslej frakcie po chromatografickom rozdelení v „5. deň“. Na osi x sú jednotlivé úseky chromatogramu, na osi y ‰ prírastku,

do úvahy tiež nadmerná tvorba prirodzených látok inhibičnej povahy alebo tvorba inhibičných látok, ktoré vznikajú špecificky pod vplyvom ožiarenia.

V našej práci sme preto analyzovali na rastové a inhibičné látky ožiarené rastliny kukurice po rozdelení na neutrálnu a kyslú frakciu. Súčasne sme analyzovali tiež neožiarené rastliny. Histogramy nám preto dávajú prehľad aj o hladine rastových a inhibičných látok v nich.

V našich pokusoch sme si všímali podrobne IAA, ktorej polohu na chromatograme sme si určili chemicky a aktivitu biologicky (histogram 1.) Vysoký obsah IAA sme zistili hneď po skončení máčania v tzv. nultý deň (histogram 3a). Podobne v tretí deň, keď je jej obsah ešte vyšší (histogram 5a). Je pozoruhodné a zodpovedá to výsledkom Averyho a spolupracovníkov (pozri citáciu vyššie), že v piaty deň kyselinu indolyloctovú už vôbec nepozorovať a dĺžka Avena segmentov sa rovná kontrole. Pretože však Avery použil podstatne inú techniku, nemôžeme jeho výsledky úplne porovnávať s našimi. Pri použití jeho techniky išlo o sumu látok auxínovej povahy, kým v našom prípade o látky rozdelené na chromatograme. Chemický charakter ostatných stimulačných látok je len veľmi ťažko hodnotiť. Literatúra o výskyte a úlohe indolylacetaldehydu (Larsen 1943, 1944, Bentley, Housley 1952, 1953, Hemberg 1958), indolylacetonitrilu (Bentley, Bickle 1952, Bentley, Housley 1952, 1953, Jones, Henbest, Smith, Bentley 1952, Thimann 1953, Henbest, Jones, Smith 1953), kyseliny indolylpyrohroznovej (Stowe, Thimann 1953, 1954, Bentley, Housley 1956, Wain, Wichtmann 1956), čiže o indolových látkach v rastlinnom materiáli a tiež kukurici je známa, r_f hodnoty sú však udávané za použitia rôznych techník a bývajú u jednotlivých autorov rôzne. Z tohto dôvodu sa neodvažujeme o našich stimulačných zónach tvrdiť, že patria tej alebo onej látke, pretože sme nemali čisté látky, ktoré by sme použili ako svedkov. Hovoríme preto len o stimulačných látkach vyskytujúcich sa v tom ktorom úseku chromatogramu. Stimulačnú zónu v kyslej frakcii sme zistili v nultý deň v úseku 4, ktorý zrejme patrí ešte IAA a v úseku 7 (histogram 3b). V tretí deň pozorujeme stimuláciu na hranici chyby biologického testu v úseku 1 (histogram 5a) a zaujímavú pomerne vysokú stimuláciu v piaty deň v úseku 2 (histogram 7a). Predpokladáme, že ide asi o totožné látky, u ktorých je r_f posunuté nekontrolovateľnými podmienkami pri vyvíjaní chromatogramu, pravdepodobne balastami. Za zmienku však stojí, že sa v tretí deň v úseku 1 (histogram 5a) nachádza látka stimulačného charakteru, piaty deň sa na tomto mieste nachádza látka veľmi silne inhibičná (histogram 7a). Percento stimulácie a inhibície je dosť vysoké, aby pri šiestich opakovaníach dalo možnosť obsah týchto látok konštatovať. Iné látky stimulačného charakteru sme v kyslej frakcii nedokázali.

Z inhibičných substancií kyslej frakcie stojí za zmienku inhibícia v úseku 3 a 4 v tretí deň (histogram 5a) a inhibícia v úseku 1 v piaty deň (histogram 7a).

Pri hodnotení neutrálnej frakcie, v ktorej sme predpokladali najmä látky inhibičného charakteru (Linser, Kiermayer 1957), zo stimulačných látok zmienku zasluhuje stimulácia na hranici chyby v nultý deň v úseku 9 a 10 (histogram 2a). Táto stimulácia je síce veľmi malá, ale všimame si ju vo vzťahu k ožiarenému materiálu. Pozoruhodné sú stimulačné látky v tretí deň. Vysokú stimuláciu sme tu dosiahli v úseku 1, 6, 7 a mierne v úseku 9 (histogram 4a). Všeobecne môžeme povedať, že alkalická frakcia v tretí deň sa sumárne vyznačuje vysokou stimulačnou aktivitou. V piaty deň sme v alkalickej frakcii stimulačné látky vôbec nepozorovali (histogram 6a).

Pozornosť zasluhujú všetky látky inhibičného charakteru v nultý deň v úseku 3 a 4

(histogram 2a) a obzvlášť veľká inhibičná zóna v úseku 2 a 3 v piaty deň (histogram 6a). V tretí deň sme v alkalickéj frakcii inhibíciu vôbec nepozorovali (histogram 6a).

Ešte ťažšie ako o látkach stimulačného charakteru je nám hovoriť o charaktere látok inhibičných. Inhibičné látky si všímali viacerí autori: Luckwill 1952, 1957, Hemberg 1954, Libbert 1957 a, b, c. Všetci však prevažne hovoria vždy iba o látkach hypotetických, ktoré označujú ako inhibitor 1, alebo látkach X, ktorých chemické zloženie nie je známe. Preto je nám ťažko identifikovať a prirovnávať naše inhibitory k niektorým inhibitorom uvádzaným v literatúre.

Vo všetkých extraktach môžeme konštatovať, že ožiarenie rastlinného materiálu malo vplyv na obsah rastových a inhibičných látok. Najmenšie zmeny pozorujeme v nultý deň. Oproti údajom Skooga 1934, 1935 a v súlade s prácami Gordona a Webera 1955 a Gordona 1957 pri analýze okamžite po ožiarení sa nezistil žiaden vplyv na aktivitu IAA (histogram 3a, b). Táto aktivita ostáva nezmenená. Pokles aktivity v úseku 4 je vyrovnaný stúpaním aktivity v úseku 5. Pozoruhodné je, že sa nám objavila stimulácia po ožiarení v úseku 1 a 2 (histogram 3b), podobne ako je to v neožiarenej vzorke v tretí deň (histogram 5a). V alkalickéj frakcii je veľmi zaujímavé objavenie sa stimulačnej zóny v úseku 10. Predpokladáme, že tu ide o nejakú látku významnú v biosyntéze IAA, nahromadenú pod účinkom žiarenia. Nedá sa tvrdiť, či priamo táto látka je aktívna, alebo či došlo k jej premene na IAA enzymatickým systémom segmentov v koleoptile. Je možné, že táto látka je iba prekursorom, ako ju označujú Brown, Henbest, Jones 1952.

Najzaujímavejšie výsledky sme získali pri analýzach v tretí deň. Pozorovali sme, že aktivita IAA sa v biologickom teste temer vôbec neprejavila (histogram 5b). Aj postriekaním Salkowského reagensom a detekciou v UV svetle sa ukázalo, že vo vzorke IAA chýba. Podobne sme pozorovali pokles aktivity v úseku 1 a 2. Zaujímavé je stúpnutie aktivity v úseku 10, kde sa táto v neožiarených vzorkách v tretí deň vôbec nevyskytovala, ale v prvý deň sa vyskytovala v celkom nepatrnom množstve. Je tiež zaujímavé, že práve v 10. úseku neutrálnej frakcie sa objavila táto aktivita v nultý deň (histogram 2b).

Z ďalších stimulačných látok, ktoré sa po ožiarení vôbec nevyskytli, alebo ich aktivita bola znížená, sú tri stimulačné látky v alkalickéj frakcii v tretí deň (histogram 4a). Táto frakcia, ktorá sa celá vyznačovala stimulačnými zónami po ožiarení, ukázala na typické inhibície. V piaty deň v kyslej frakcii sme nemohli dokázať stimulačné substancie v úseku 2 a 3. Stimulácia sa objavila na mieste vysokej inhibície v úseku 4 (histogram 7). V neutrálnej frakcii, kde sme stimuláciu za normálnych podmienok vôbec nepozorovali, sme po ožiarení zaznamenali nepatrnú stimulačnú zónu v úseku 1 a 5. Ostatné kolísania sú v rámci chyby (histogram 6).

Vplyv žiarenia na inhibičné látky prirodzene sa vyskytujúce a vznik nových inhibičných látok, vplývajúcich na Avena predĺžovací test, sme pozorovali viackrát.

Už v nultý deň po ožiarení sme pozorovali v kyslej frakcii porušenie inhibičných látok v úseku 2, najmä však v úseku 9, ako aj vznik nových inhibičných látok v úseku 6 a 11 (histogram 3b). V neutrálnej frakcii boli porušené všetky prirodzene sa vyskytujúce inhibície, iba v úseku 8 sme zaznamenali malé prehĺbenie inhibície (histogram 2).

V tretí deň v kyslej frakcii úseky 3 a 4 si inhibíciu ponechávajú, ale vytvára sa nová malá inhibícia v úseku 7 (histogram 5).

V alkalickéj frakcii prehĺbenie inhibičných zón sme pozorovali v úsekoch 5 a 8. Vznik inhibičných látok v úsekoch 10 a 11 (histogram 4).

V piaty deň sme zaznamenali v kyslej frakcii vznik novej inhibície alebo prehĺbenú inhibíciu v úsekoch 5, 9 a 10 (histogram 7).

Diskusia

Už v staršej literatúre sa môžeme stretnúť s viacerými údajmi o značnej citlivosti bielkovín, nukleových kyselín a iných dôležitých látok bunkového obsahu oproti ionizačnému žiareniu (Lea 1946, Hollaender 1954, 1955, Chenocho a Lapinskaja 1956). Pri sledovaní dusíkatých látok a najmä aminokyselín v ožiarených rastlinách sa naopak zistilo, že tieto sa v ožiarených rastlinách hromadia (Vasiljev, Parfenova, Rybalka 1959, Vasiljev, Maslova, Parfenova 1960). Tento fakt vysvetľujú tým, že jednotlivé fyziologické procesy v klíčiach rastlín sú rôzne citlivé na ožiarenie. Najcitlivejší je rast, ktorý je zastavený už veľmi malými dávkami (Vasiljev 1957). Naproti tomu fotosyntéza a iné procesy prebiehajú ďalej (Vasiljev, Rybalka, 1958). Následkom tejto nerovnakej röntgencitlivosti jednotlivých fyziologických procesov sa popri iných zlúčeninách hromadia tiež aminokyseliny. Na jednej strane sú tu teda práce, ktoré hovoria o poruchách v metabolizme bielkovín, prípadne aminokyselín, ktoré majú za následok pokles hladiny týchto látok v ožiarených pletivách, na druhej strane práce, ktoré konštatujú, že pod vplyvom ožiarenia sa aminokyseliny hromadia. Naše výsledky ukázali, že pomery nie sú také jednoduché a zmeny v obsahu aminokyselín sú výsledkom poruchy jednotlivých fyziologických funkcií a procesov, závislé od stupňa celkového poškodenia.

Štúdium glycidového metabolizmu u ožiarených rastlín má veľký význam v súvislosti s využitím rádiácie pre účely lepšieho skladovania, sterilizácie, vyvolania genetických zmien alebo dosiahnutia stimulačného účinku. Tak pri ožiarení natívneho škrobu (Oreško, Korotčenko, 1959a, b, 1960, Trzebinski, Ehrenberg 1959), rastlinného materiálu obsahujúceho škrob, ako napr. obilia (Milner, Finney, 1959, Sing-Pong-Lai 1959), zemiakov (Schwimmer, Bun, Harrington, Weston, 1957, Pätzold, Kolb 1957, Burton, Home, Powell, 1959, Cloutier, Cox, Manson, 1959), múky (Lee, 1960, Deschreider, 1960a, 1960b), kukurice (Romenskij, Čmyr, 1959) sa ukázalo, že ožiarenie hydrolyzuje škrob, a to na viac stupňov. Tak napr. v práci Oreško, Korotčenko, 1959a, 1959b, dokázali, že po ožiarení stúpa redukčná mohutnosť škrobu. Chromatografickou analýzou však ukázali, že hydrolyza nemusí prebiehať až na monosacharidy, ale že sa môže zastaviť na dextrínoch rozštiepením zväzkov hlavných valencií. O tom, či deštrukcia škrobu prebieha na monosacharidy, alebo či sa zastaví na zložitejších produktoch, rozhoduje mechanizmus účinku ionizačného žiarenia. Ak prevažuje priamy účinok žiarenia, produktom radiolýzy sú dextríny, ak prevažuje nepriamy účinok vznikajú až monosacharidy (Oreško, Korotčenko, 1959b). Tí istí autori ďalej udávajú, že táto hydrolyza môže prebiehať až na kyselinu mravčiu, formaldehyd alebo dioxyaceton (Oreško, Korotčenko, 1960). Zvýšenie maltózy v múke po ožiarení konštatoval Milner a Finney, 1959. Priebeh rozpadu jednotlivých glycidov pod účinkom ionizačného žiarenia rozpracoval Wolfrom so spolupracovníkmi 1959 a ukázal, že sacharóza, ktorá sa ukázala mimoriadne citlivá aj v našej práci, rozpadá sa na fruktózu a glukózu. O účinku ionizačného žiarenia na sacharózu diskutovali už Reinhard a Tucker 1929, novšie Chenocho, Kuričeva, Evdokimov 1960. Rozpad glukózy pod účinkom ožiarenia sledoval Balázs 1957. Oveľa zložitejšie pomery ako pri ožarovaní čistých cukrov alebo natívneho škrobu máme v živom rastlinnom materiáli. Situácia

je zložitejšia prirodzenou hydrolyzou škrobu v zásobných pletivách, vplyvom radiácie na intenzitu dýchania (Ovčar, 1958) a taktiež fotosyntetickou činnosťou, ktorá hromadí cukry (Vasiljev, Rybalka, 1958). Metabolizmu glycidov v odpočívajúcej a klíčiacej kukurici rozpracoval Täufel, Steinbach a Hartmann, 1960. Identifikovali sacharózu, rafinózu, glukózu a fruktózu. V odpočívajúcich semenách sa im nepodarilo dokázať maltózu. Táto sa objavuje až v klíčiacej kukurici ako výsledok hydrolyzy škrobu. Podobne zníženie obsahu nižších glycidov a pokles obsahu škrobu v klíčiacej kukurici študoval Steinbach a Frantzke, 1960, chemické zloženie zŕn u jednotlivých hybridov kukurice Ovčar, 1959.

Podľa uvedených literárnych údajov v hladine glycidov ožiarených rastlín a našich výsledkov môžeme tedy pozorovať nasledovné zmeny:

- a) väčšie množstvo glycidov následkom hydrolyzy škrobu,
- b) zvýšenie množstva glycidov, ktoré je spôsobené ich menšou spotrebou pri spomalenom alebo zastavenom raste,
- c) menšie množstvá redukujúcich látok, prípadne jednotlivých glycidov. Táto znížená hladina môže byť spôsobená poruchou ich tvorby v zásobných orgánoch alebo ich rozkladom zapríčineným ionizačným žiarením.

Všeobecne je rozšírený názor, že pri klíčení rastlín dochádza k zvyšovaniu hladiny rastových látok auxínovej povahy a ku zníženiu látok inhibičného charakteru. K zaujímavým uzáverom prišiel vo viacerých prácach Avery so spolupracovníkmi (Avery 1939, Avery, Creighton, Shalucha 1940, 1941, Avery, Berger, Shalucha 1941, 1942, Berger, Avery 1944a, 1944b), keď Avena zakrivovacím testom zistili, že už v suchej neklíčiacej kukurici je vysoký obsah látok stimulačného charakteru, ktoré označili ako auxíny. V priebehu klíčenia kukurice pozorovali, že tento obsah klesá, takže na piaty deň je už sotva postrehnuteľný a na siedmy deň sa tieto látky už úplne strácajú. Podobne Cholodný v prácach v rokoch 1935–1936 dokázal, že sa auxín nachádza v endosperme zrejých a klíčiacych semien tráv. Podobne pri tom, že ide najmä o auxín vo viazanej forme, ktorý sa pri napúčaní aktivuje a prechádza do embrya. Priamo IAA v dozrievajúcich a klíčiacych semenách kukurice (v zárodku aj endosperme) zistil chemickými metódami Polevoj 1959. Iné látky idolylového charakteru nezistil. So Salkowského činidlom mu reagovali ešte dve látky, ktoré pokladá za polyfenoly. Jeho tabuľky však ukazujú, že dynamiku IAA by bolo potrebné sledovať vo veľmi krátkych časových intervaloch. Potvrďuje tiež práce Cholodného v tom, že temer celý obsah auxínu v suchom semene je v endosperme a len potom prechádza do zárodku. Rast stimulujúce a inhibujúce látky v zrnách kukurice si všimol tiež Hemberg 1958. Okrem IAA identifikoval tiež indolylacetaldehyd, tryptamin a neznámu indolovú látku. Z inhibičných látok zistil tri inhibitory o r_f 0,1; 0,5–0,8; a 0,8–1,0. Inhibujúcimi látkami kukurice sa ďalej zaoberal Pohl 1951 a natívne auxíny biologickou cestou nezistil Reinert a Forstman 1959. Konštatovali len látky inhibičné.

Skoog 1934, 1935 pri riešení problematiky rastových látok prišiel na myšlienku sledovať závislosť medzi auxínom ako rastovou látkou a účinkami ionizačného žiarenia. Položil si otázku či je auxín deštruovaný priamo ionizačným žiarením alebo peroxydmi, ktoré vznikajú pri ožiarení vody. Položenú otázku riešil Skoog ožarovaním biologického materiálu jednak v dusíkovej atmosfére, v ktorej bol vylúčený vznik peroxydov, jednak v chloroforme, kde sa žiarením uvoľňujú radikály vo veľkom množstve. Ďalej Skoog hľadal analógiu medzi účinkami svetla, ktoré pôsobí na rozdelenie a transport auxínu v koleoptilách rastlín (Dolk, Thimann 1932, Dolk 1936, Oppenoorth 1939, 1941) a ionizačným žiarením. Použil na to eoín, ktorý

katalyzuje fotochemické oxydačné reakcie (Boas 1933) a inaktivuje na svetle auxín (Boysen-Jensen 1933, 1934, 1936, novšie Linser 1951). Tento pokus potvrdil katalytickú úlohu eoínu pri fototropických reakciách. Z uvedených pokusov vyplynulo, že auxín sa inaktivuje X-lúčami a mechanizmus inaktívácie je v oxydácii. Pozoruhodné však je, že hoci udáva mimoriadnu citlivosť auxínu, zistil, že použité dávky inaktivujú len 20–40% auxínu získaného difúziou. Z pokusov Skooga je možné tiež uzatvárať, že auxín je inaktívovaný v závislosti od dávky žiarenia. Inaktívacia bielym svetlom za prítomnosti eoínu ako katalyzátora je analogická inaktívácii X-lúčami. Veľmi dôležitý je poznatok, že natívne rastové látky a syntetická IAA sú inaktívované rovnako, čo potvrdzuje neskorší uzáver, že tieto látky sú totožné (pozri Audus 1959).

Smith a Kersten 1942 sledovali u ožiarených semien auxínovú a kalínovú aktivitu vo vzťahu k rýchlosti rastu a veľkosti jednotlivých orgánov. Z ich výsledkov vyplýva, že pri ožiarení dochádza k inhibícii transportu a k deštrukcii rastového faktoru auxínu. Vyslovujú tiež predpoklad, že po ožiarení vznikajú látky, ktoré inhibujú rast rastliny. Teórie o vzniku špecifických inhibičných látok pod účinkom žiarenia sú rozpracované najmä pre živočíchy. Napriek veľkému množstvu dokladového materiálu, ktorý svedčí o existencii rádiotoxínov, je veľa autorov, ktorým sa rádiotoxíny dokázať nepodarilo. Preto Graevskij a Šapiro 1959 v súhrnnom referáte sa stavajú k rádiotoxínovej teórii veľmi skepticky, najmä preto, lebo podstata hypotetických rádiotoxínov nie je známa. Na testovanie rádiotoxínov v živočíšnom materiáli sa často použili rastliny alebo mikroorganizmy (Šařnova 1958). Otázka vzniku rádiotoxínov sa riešila aj v rastlinnom materiáli. Tak Mamedov 1960, Korogodin a Mamedov 1960, pozitívne zistili, že toxické látky nielenže v rastlinách vznikajú, ale že sú vylučované do okolitého prostredia a brzdia iné kľúčiacie rastlinky, ktoré neboli ožiarené. Podobne zistili tieto látky Kuzin, Krjukova, Sajenko 1959 v listoch ožiarených rastlín. Extrakty zadržovali rast a inhibovali mitotickú aktivitu. Všetkým týmto pokusom, ktoré preukazne svedčia o vzniku inhibičných látok, chýbajú analýzy, ktoré by sa snažili o izoláciu tejto látky alebo týchto látok v čistom stave. Iba Krjukova a Kuzin 1960 uvádzajú, že ide o látku nebielkovinnej povahy. Ostáva tiež otvorená otázka, či tieto látky sú prirodzené inhibitory, ktorých množstvo je zvýšené ionizačným žiarením, alebo či ide o špecifické látky, ktoré sa normálne v rastlinách nevyskytujú. Dozrievajúce, odpočívajúce a kľúčiace zrná kukurice slúžili častokrát ako modelový materiál pri štúdiu rastových látok (Overbeek 1938, Avery, Berger, Shalucha 1941, 1942, Berger, Avery 1944a, b, Larsen 1951, Yamaki, Nakamura 1952, Farrar, Bentley, Britton a Housley 1958). Sama otázka mechanizmu účinku rastových a inhibičných látok; hoci sa už o nej niekoľkokrát diskutovalo (Went 1936, Berger, Avery 1943, Audus 1949, Skoog 1951, Wain, Wightman 1956), nie je ešte známa. Je najpravdepodobnejšie, že biosyntéza heteroauxínu prebieha podľa schémy Reinerta 1954 (pozri obr. 20), kde východiskovou látkou je aminokyselina tryptofan (Bert-helot, Amoureux 1958, Avery, Berger 1943, Larsen, Bonde 1953). O biosyntéze IAA z tryptofanu podrobne diskutuje vo svojom článku Gordon 1956. Predpokladá tri možné cesty vzniku IAA z tryptofanu:

- a) cez indolylacetaldehyd (IAC),
- b) cez indolylpyrohroznovú kyselinu (IPyA) na indolylacetaldehyd,
- c) cez indolylacetonitril (IAN).

Najpravdepodobnejšia a najviac dokázaná je cesta cez indolylacetaldehyd. Práce Gordona dokazujú, že pri ožiarení je rozrušený enzymatický systém oxydujúci

indolylacetaldehyd na IAA (Gordon, Weber 1953, Gordon 1957). Po chemickej stránke podrobne rozpracoval enzymaticky katalyzovanú oxydáciu IAA Waygood, Oaks a Maclachlan 1956. Pri sledovaní rastových a inhibičných látok v ožiarenej kukurici sme riešili tri problémy:

- a) či sa ukáže IAA ako mimoriadne citlivá na ožiarenie,
- b) či sa budú namiesto IAA hromadiť iné rastové látky, ktoré by sme mohli pokladať za poruchy v biosyntéze heteroauxínu,
- c) či sa budú v ožiarených rastlinách hromadiť látky inhibičného charakteru.

Na základe našich pozorovaní podporujeme uzáver Gordona 1956 o biosyntéze auxínu a o jednotlivých možných prekurzoroch. Gordon však tvrdí, že ide o blokádu enzymatického systému oxydujúceho aldehyd kyseliny indolylacetovej a že preto nahromadená látka je indolylacetaldehyd. Pre nedostatok syntetického IAc nemôžeme potvrdiť, či ide o túto látku, alebo nie. Vychádzajúc z prác Nitscha 1956, Bentleya, Housleya a Brittona 1956 možno predpokladať, že ide aj o indolylacetonitril, i keď Gordon 1956 i IAN ako o medziprodukte v biosyntéze IAA pochybuje. Podobne by sa mohlo predpokladať, že ide o etylindolylacetát, kyselinu indolylpyrohroznovú alebo niektorú inú látku, ktorá môže byť prekurzorom IAA. Pierre 1958 sa skepticky stavia k uzáverom Gordona. Námietky má z toho dôvodu, že neboli publikované detaily Gordonových prác a že nie je ešte presne dokázané, že IAc je jediným prekurzorom IAA. Predpokladá, že Gordon nemal možnosť IAc v pokusoch použiť a že tento bol syntetizovaný iba raz v práci Browna, Henbesta a Jonesa 1952 a že priamo z rastlín nebol ešte izolovaný. Vychádzajúc tiež z prác Jonesa a spolupracovníkov (Jones, Henbest, Smith a Bentley 1952), predpokladá, že by mohlo ísť prípadne o IAN. Vidno, že táto otázka potrebuje ďalšie detailné riešenie.

Celkove môžeme konštatovať, že ožiarenie podstatne zasiahlo do systému rastových a inhibičných látok. Je však isté, že okrem týchto mechanizmov boli napadnuté aj iné mechanizmy a nedá sa určiť, ktoré poškodenie je primárne a vyvoláva potom refaz následných reakcií. Pozorovania rastových látok narušuje aj ten fakt, že po určitom čase sa obnovuje syntéza rastových látok, podobne ako je to pri fyziologickej regenerácii po dekapitácii. Zaujímavý bol uzáver Skooga 1953, že u koeoptíl tráv sa syntetický auxín priamo rozrušuje, zatiaľ čo v klíciacom hrachu sa predpokladá kompletná inhibícia celej jeho syntézy. Toto súvisí pravdepodobne s predpokladanou existenciou dvoch typov rastlín (Söding 1952), a to:

1. Typ δ tráv, kde existuje centrum tvorby alebo aktivácie rastových látok, z ktorého sa táto pohybuje k zóne reakcie (du Buy, Nuernbergk 1929, 1930, 1932, du Buy 1936, Funke, Söding 1948).
2. Typ lupiny, kde je zóna reakcie totožná so zónou tvorby alebo aktivácie rastovej látky (Dijkman 1933, 1934, Ferman 1938, Jost 1937, 1938, Jost, Reiss 1936, 1937).

Najnovšie sa snažia riešiť problém vzťahu rastových látok ku ožiareniu pridávaním týchto látok rastlinám pred a po ožiarení. Sleduje sa, či sa rastové látky prejavajú ako synergisti alebo ako antagonisti ionizačného žiarenia. Tak napr. Mika 1951, zistil, že pôsobením heteroauxínu možno čiastočne zrušiť inhibíciu zapríčinenú ožiarením avšak len do dávky 3000 r. Tento úkaz je pravdepodobne zapríčinený tým, že dávka 3000 r a dávky vyššie rozrušujú okrem auxínového systému iné fyziologické mechanizmy. Jeho pokusy však nedávali jednoznačné výsledky. O zrušení účinkov žiarenia pomocou gibberelínu sa pokúsil Haber a Luippod 1960. IAA ako ochrannú látku v pokusoch s X-lúčami použil tiež Therman a Sepälä 1959.

Ukazuje sa, že tento prístup k otázke vplyvu ionizačného žiarenia na rastliny môže vyriešiť mnohé základné otázky.

Súhrn

V predloženej práci sa sledoval vplyv ionizačného žiarenia na prvé vývinové fázy kukurice. Práca mala za úlohu prešetriť vplyv ionizačného žiarenia na niektoré fyziologické ukazovatele v závislosti od rastových a tvarových zmien, vyvolaných predosevným pôsobením X-lúčov. Pretože všetky analýzy sa robili v porovnaní s kontrolou, výsledky poskytujú prehľad aj o normálnych rastových a tvarových zmenách, hladine sledovaných látok a fyziologických procesoch v priebehu klíčenia kukurice. Z rastových zmien sa sledovali dĺžky koreňa a koleoptily. Pozorovali sa tiež ich morfológické zmeny. Ďalej sa stanovili voľné aminokyseliny, redukujúce látky, redukujúce látky po hydrolýze s kyselinou šťaveľovou a voľné glycidy. Osobitne sa venovala pozornosť rastovým a inhibičným látkam v priebehu klíčenia kukurice.

Ako zdroj žiarenia sa použil röntgenový prístroj Chirana.

1. Začínajúc dávkami okolo 2000 r dosiahli sa v raste koleoptily aj v raste koreňov inhibície. Pri dávkach 5000 r a vyššie bol účinok už letálny. Pri týchto dávkach sa objavili aj tvarové zmeny. Z ožiarených semien vyrástli hrubšie a nádorkovité orgány, ktoré mali slabšiu prirodzenú pigmentáciu. Pri dávkach okolo 2000 r sa zaznamenal špirálový rast niektorých koleoptíl.

2. Papierovou chromatografiou sa zistilo, že v koleoptilách, koreňoch a semenách kukurice sa nachádzajú tieto aminokyseliny: kyselina asparágová, kyselina glutámová, serín s glycinom, asparagín, glutamín, treonín, valín, leucín, prolín, kyselina gamaaminomaselná, lyzín, tyrozín a histidín. Množstvo aminokyselín sa menilo v závislosti od jednotlivých orgánov. Podobne sa tieto kvantitatívne pomery menili s vývinom rastlín.

3. Na kvalitatívne zastúpenie aminokyselín žiarenie vplývalo iba v jednom prípade, keď sa po ožiarení objavil cystín. Predpokladá sa, že toto objavenie sa cystínu má úzky súvis s ochranným účinkom – SH látok a so štiepením sa hlavných väzieb bielkovín po ožiarení.

4. V orgánoch ožiarenej kukurice sa na jednej strane pozoroval preukazný pokles jednotlivých aminokyselín v závislosti od dávky, na druhej strane ich výrazné hromadenie. Obzvlášť citlivou aminokyselinou, ktorej hladina po ožiarení rapídne poklesla, bola kyselina gama-aminomaselná. U amidov asparagínu a glutamínu sa predpokladá, že ide o ich hromadenie v dôsledku ochranného účinku oproti amoniaku, ktorý môže vznikať z denaturovaných bielkovín. Hromadenie alebo pokles aminokyseliny závisí od dávky, orgánu a dňa analýzy po ožiarení. Jednotlivé aminokyseliny reagujú na žiarenie špecificky.

5. V koleoptilách klíčiacej kukurice sa stanovila sacharóza, glukóza a fruktóza. V koreňoch sacharóza úplne chýbala, alebo sa vyskytovala len v stopách. V semenách sa dokázala rafinóza, maltóza, sacharóza, glukóza a fruktóza. V tretí deň kultivácie sa dokázali v semenách ešte dva neznáme glycidy a v piaty deň štyri.

6. Pri dávkach včítane dávky 1500 r, v ktorých sa nepozorovali rastové zmeny, nezistili sa ani zmeny v redukujúcich látkach a ani v jednotlivých glycidoch. Vo vyšších dávkach žiarenie najviac zasiahlo v koleoptilách do redukujúcich látok a voľných glycidov. V koreňoch boli zmeny oveľa menšie, v semenách boli rozdiely pravidelne nepreukazné. V redukujúcich látkach sa zistil ich pokles v závislosti od ožiarenia, v redukujúcich látkach po hydrolýze kyselinou šťaveľovou opačne vzostup. Pokles

redukujúcich látok zodpovedá poklesu glukózy a fruktózy, čo sa zistilo stanovením po chromatografickom delení. Vzostup redukujúcich látok po hydrolýze spôsobila neznáma redukujúca látka, pretože sacharóza sa po chromatografickom delení ukázala ako mimoriadne citlivá. V ožiarených koleoptilách pri nižších dávkach bolo množstvo sacharózy menšie, pri vyšších dávkach sacharóza chýbala.

7. Pri rozdelení rastových a inhibičných látok na neutrálnu a kyslú frakciu sa pozorovalo biologickým testom po chromatografickom rozdelení viacero stimulačných a inhibičných látok. Zo stimulačných látok sa identifikovala kyselina indolyloctová okamžite po skončení máčania. V tretí deň jej množstvo vystúpilo, v piaty deň sa nezistila. O povahe ostatných zistených stimulačných látok, ktoré môžu byť prekursorami kyseliny indolyloctovej, nemôžeme povedať nič bližšieho, pretože sme nemali potrebné štandardy na ich identifikáciu.

8. Analýzy ožiarenej kukurice umožnili konštatovať, že sama kyselina indolyloctová nie je mimoriadne citlivá na X-lúče, ale že mimoriadne citlivá je jej biosyntéza. Potvrdzuje to hromadenie sa látok stimulačného charakteru po ožiarení, o ktorých sa predpokladá, že sú jej prekursorami.

9. Pod účinkom žiarenia sa pozorovala na jednej strane strata jednotlivých stimulačných zón, na druhej strane vznik stimulačných látok v tých miestach chromatogramu, kde sa tieto predtým nevyskytli, alebo sa nachádzali len v malom množstve. Konštatuje sa, že ožiarenie vyvoláva deštrukciu stimulačných a inhibičných látok a namiesto prirodzene sa vyskytujúcich stimulačných a inhibičných látok sa hromadia iné stimulačné a inhibičné látky. Zaznamenali sa poruchy prirodzene sa vyskytujúcich stimulačných a inhibičných látok v ožiarených pletivách. Zistil sa tiež výskyt špecifických inhibičných látok pod účinkom ožiarenia.

Literatúra

1. Anceľ S.: Sur un phenomene de pseudo — excitation determinee par les rayons X sur les bourgeons dormants et sur les cotylédonaire de la lentille. Bull. Soc. Botan. France. 72 : 1084, (1925).
2. Audus L. J.: The mechanism of auxin action. Biol. Rev. (Cambridge Phil. Soc.) 24 : 51—93, (1949).
3. Audus L. J.: Plant Growth Substances, London Leonard Hill (Books) limited Eden Street, N. W. I., (1959).
4. Avery G. S. Jr.: Alcohol extraction of growth hormone from plant tissue. Amer. J. Bot. 26 : 679—682, (1939).
5. Avery G. S. Jr., Berger J.: Tryptophan and phytohormone precursor. Science 98 : 513 až 515, (1943).
6. Avery G. S. Jr., Berger J., Shalucha B.: The total extraction of free auxin and auxin precursor from plant tissue. Amer. J. Bot. 28 : 596—607, (1941).
7. Avery G. S. Jr., Berger J., Shalucha B.: Total auxin extraction from wheat. Amer. J. Bot. 29 : 612—616, (1942).
8. Avery G. S. Jr., Berger J., Shalucha B.: Auxin content of maize kernels during ontogeny, from plants of varying heterotic vigor. Amer. J. Bot. 29 : 765—772, (1942).
9. Avery G. S. Jr., Berger J., White R. O.: Rapid total extraction of auxin from green plant tissue. Amer. J. Bot. 32 : 188—191, (1945).
10. Avery G. S. Jr., Creighton H. B., Shalucha B.: Extraction methods in relation to hormone content of maize endosperms. Amer. J. Bot. 27 : 289—300, (1940).
11. Avery G. S. Jr., Creighton H. B., Shalucha B.: Expression of hormone yields in relation to different Avena test methods. Amer. J. Bot. 28 : 498—506, (1941).
12. Balazs E. A.: Effect of Ionising Radations of Glucose Solutions. Radiation Research 6 : 302—317, (1957).
13. Bennet-Clark T. A., Tambiah M. S., Kefford N. P.: Estimation of plant growth substances by partition chromatography. Nature 169 : 452—453, (1952).

14. Bennet-Clark T. A., Kefford N. P.: Chromatography of the growth substances in plant extracts. *Nature*. 171 : 645—647, (1953).
15. Bentley J. A., Bickle A. S.: Further biological properties of 3-indolylacetonitrile. *J. Exp. Bot.* 3 : 406, (1952).
16. Bentley J. A., Housley S.: Biological activities of 3-indolylacetaldehyde and 3-indolylacetonitrile. *J. Exp. Bot.* 3 : 393, (1952).
17. Bentley J. A., Housley S.: Growth of *Avena* coleoptile sections in solutions of 3-indolylacetic acid and 3-indolylacetonitrile. *Physiol. Plantarum*. 6 : 480, (1953).
18. Bentley J. A., Housley S.: Bio-assay of plant growth hormones. *Physiol. Plantarum*. 7 : 403—419, (1954).
19. Bentley J. A., Housley S., Britton G.: Hormones and hormone precursors in leaves, roots, and seeds. The Chemistry and mode of actions of plant growth substances 40—51, (1956).
20. Bentley J. A., Housley S.: Some chemical and physiological properties of 3-indolylpyruvic acid. *Biochem. J.* 64 : 44—49, (1956).
21. Berger J., Avery G. S. Jr.: The chemism of auxin action. *Science*. 98 : 454—455, (1943).
22. Berger J., Avery G. S. Jr.: Isolation of auxin precursor and auxin (indol acetic acid) from maize. *Amer. J. Bot.* 31 : 199—203, (1944).
23. Berger J., Avery G. S. Jr.: Chemical and physiological properties of auxin precursor. *Amer. J. Bot.* 31 : 203—208, (1944).
24. Bersa E.: Strahlenbiologische Untersuchungen. 1. Zur Frage der Röntgenstrahlen reizwirkungen bei Keimlingen. *Sitzungsber. Akad. Wiss. in Wien, Mathem. — Naturwiss. Kl. Abt. 1. B.* 135 : 425—451, (1926).
25. Bersa E.: Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Kernteilung der Wurzelspitzen von *Zea Mays*. *Sitzungsber. Akad. Wiss. in Wien, Mathem. — Naturwiss. Kl. Abt. B.* 36 : 383—419, (1926).
26. Berthelot A., Amoureux G.: Sur la formation de l'acide indole-3-acétique sous l'action de *Bacterium tumefaciens* sur le tryptophane. *C. R. Acad. Sc.* 206 : 537—540, (1938).
27. Biebl R.: Strahlenempfindliche Keimungsphase und Dauerbestrahlung. *Öster. bt. Zeitschr.* 106 : 104—123, (1958).
28. Birecka H.: Wpływ niskich dawek promieni Roentgena na niektóre gatunki roślin wyszich. *Rocz. Nauk Roln. A.* 79 : 911—927, (1959).
29. Boas F.: Eine neue Eosinwirkung auf Pflanzen. *Ber. Bot. Ges.* 51 : 274—275, (1933).
30. Boysen-Jensen P.: Die Bedeutung des Wuchsstoffes für das Wachstum und die geotropische Krümmung der Wurzeln von *Vicia faba*. *Planta*. 20 : 688, (1933).
31. Boysen-Jensen P.: Über Wuchsstoff in Wurzeln, die mit Erythrosin vergiftet sind. *Planta*. 22 : 404—410, (1934).
32. Boysen-Jensen P.: Über die Verteilung des Wuchsstoffes in Keimstengeln und Wurzel während der phototropischen und geotropischen Krümmung. *Det. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser. XIII.* 1—31, (1936).
33. Breslavcev L. P.: Rastenije i luči rentgena. Moskva, AN SSSR 1946.
34. Budnickaja E. V.: Biochemičeskie izmenenija v rastlitemnom organizme pri dejstvii ionizirujuščich izlučenij. *Usp. sov. biol.* XLIII : 280—291, (1957).
35. Bulgakov K. S.: Sravnitel'naja charakteristika nekotorych sortov kukuruzy i chimičeskogo sostava oboloček zerna. *Izv. VUZ-Piščevaja tehnologija* 6 : 12—15, (1959).
36. Burton W. G., Home T., Powell D. B.: The effect of gama — irradiation upon the sugar content of potatoes. *European Potato Journal*. 2 : 105—115, (1959).
37. Buy H. G. du: The change in the response of *Avena* coleoptiles to growth regulators produced by aging. *Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.* 22 : 272—275, (1936).
38. Buy H. G. du, Nuernbergk E.: Über das Wachstum der Koleoptile und des Mesokotyls von *Avena sativa* unter verschiedenen Bedingungen. *Proc. Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam*. 33 : 542—556, (1930).
39. Buy H. G. du, Nuernbergk E.: Über das Wachstum der Koleoptile und des Mesokotyls von *Avena sativa* unter verschiedenen Aussenbedingungen. *Proc. K. Akad. Wenteschap., Amsterdam* 32 : 614—624, (1929).
40. Buy H. G. du, Nuernbergk E.: Phototropismus und Wachstum der Pflanzen. *Ergebnisse der Biologie*. 9 : 358—544, (1932).
41. Caldecott R. S.: Inverse relationship between the water content of seeds and their sensitivity to X-rays. *Science* 20 : 809—810, (1954).
42. Caldecott R. S., Smith L.: The influence of heat treatments on the injury and cytogenetic effects of X-rays on Barley. *Genetics*. 35 : 546, (1951).

43. Calvin F.: The influence of Oxygen on the mutagenic effects of X-rays on maize endosperm loci. *Radiation Research*. 6 : 1–10, (1957).
44. Čeliščev S. P., Mogilevskij B. B.: Nekotoryje issledovanija prirody biologičeskogo dejstva nejtronov na rastenija. *Izv. Tim. sel. choz. Akad.* 3 : 33–53, (1957).
45. Cloutier J., Sox., Manson J.: Effect of storage on the carbohydrate content of two varieties of potatoes grown in Canada and treated with gamma radiations. *Food Res.* 24 : 659–664, (1959).
46. Comar C. L.: *Radioisotopes in biology and agriculture*. New York 1955.
47. Conger A. D.: Magnetic centers (Free radicals) produced in cereal embryos by ionizing radiation. *Radiation Research*. 11 : 54–56, (1959).
48. Datta S. P., Dent C. E., Harris H.: An apparatus for the simultaneous production of many two – dimensional paper chromatograms. *Science*. 112 : 621–623, (1950).
49. Deschreider A. R.: Das Verhalten der Kleberproteine bei der Behandlung des Mehles mit Gemmastrahlen. *Getreide Mehl*. 10 : 49–54, (1960).
50. Deschreider A. R.: Veränderung der Stärke und ihrer Abbauprodukte nach Behandlung von Weizenmehlen mit gamma – Strahlen. *Angewandte Chemie* 10 : 419, (1960).
51. Dijkman M. J.: A quantitative Analysis of the Geotropical Curvature in Dicotyledones. *Proceedings XXXVI*. 7 : 3–12, (1933).
52. Dijkman M. J.: Wuchsstoff und geotropische Krümmung bei *Lupinus*. *Reuecil des Travaux botaniques néerlandais XXXI*. : 391–450, (1934).
53. Dittrich W., Riedel M., Schubert G.: Über strahlenbiologische Wirkungen schneller Elektronen auf Gerstenkeimlinge. *Strahlentherapie*. 80 : 17–34, (1949).
54. Dolk E. H.: Geotropism and the Growth substance. *Receuil des Travaux bot. néerlandais*. 33 : 509–585, (1936).
55. Dolk E. H.; Thimann K. V.: Studies on the growth hormone of plants. I. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 18 : 30–46, (1932).
56. Dostál R.: Die Korrelationsbeziehung zwischen dem Blatt und seiner Axillarknospe. *Ber. deutsch. bot. Ges.* 72 : 547–554, (1909).
57. Dubinin N. P.: Značenie i priroda pervičnyh radiacionnyh genetičeskich izmenenij. *Sbornik Radiobiologija AN SSSR Moskva*, 46–61, (1958).
58. Duggar B. M.: *Biological effects of radiation*. New York, 1936.
59. Engelbrecht L.: Beiträge zum Problem der Akkumulation von Aminosäuren in Blattzellen. *Flora*. 150 : 73–86, (1961).
60. Ermilov G. B.: Nekotoryje osobennosti pogloščeniya vody semenami kukuruzy. *Fiziol. rastenij*, 7 : 49–56, (1960).
61. Fermann J. H.: The role of the correlative inhibition of the development of lateral buds and shoots. *Rec. trav. Bot. Néerl.* 35 : 177–287, (1938).
62. Filiminov A.: Nabuchanije i žiznedejatel'nost' semjam. *Bjull. Mosk. Obšč. Ispyt. Priro. Otd. biol.* 63 : 41–51, (1938).
63. Fischer F. G., Dörfel H.: Die quantitative Bestimmung reduzierenden Zucker auf Papierchromatogrammen. *Ztschr. für physiol. Chemie*. 297 : 164–178, (1954).
64. Funke H., Söding H.: Über das Wuchsstoff-Hemmstoff-System der Haferkoleoptile und der Kartoffelknolle. *Planta* 36/341–370, (1948).
65. Gambarov F.: Zur Frage über die sogenannte Reizwirkung der Röntgenstrahlen. *Mitteilungen über Röntgenologie und Radiologie. Band III*. : 311–328, (1925).
66. Geller H.: Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf jugendliche Organismen. *Klin. Wochenschr.* 3 : 561–566, (1924).
67. Gordon S. A.: Occurrence, Formation and Inactivation of Auxine. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 5 : 341–378, (1954).
68. Gordon S.: Studies on the mechanism of phytohormone damage by ionizing radiation. *Geneva International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. P/97*, (1955).
69. Gordon S. A.: The biogenesis of natural auxins. *The Chemistry and Mode of Action of Plant Growth Substances*. ed. Wain and Wightman, 1956.
70. Gordon S. A.: The effects of ionizing radiation on plants: Biochemical and physiological aspects. *Quart. Rev. Biol.* 32 : 3–14, (1957).
71. Gordon S. A., Weber R. P.: Studies on the mechanism of phytohormone damage by ionizing radiation I. The radiosensitivity of indoleacetic acid. *Plant Physiology*, 30 : 200–210, (1955).
72. Graevskij E. E., Šapiro I. M.: O destrukcii i reparacii kletok pri poraženii organizma ionizirujuščej radiacij. *Uspechi sovremennoj biologii*. 47 : 185–203, (1959).

73. Guillemainot H.: Persistance de l'action des rayons X et du radium sur la graine a l'état de la vie latente. C. R. Soc. de Biol. 68 : 1—7, (1901).
74. Guillemainot H.: Effects comparés des rayons X et du radium sur la cellule. C. R. Sc. Paris. 145 : 798, (1907).
75. Guillemainot H. Action comparée des doses massives et des doses fractionnées des rayons X sur la cellule a l'état de la vie latente. C. R. Soc. Biol. 64 : 951—958, (1908).
76. Gunckel J. E., Sparrow A. H.: Ionizing radiations: Biochemical, physiological and morphological aspects of their effects on plants. In Springer Encyclopedia of plant physiology, 555—611, (1961).
77. Haber A. H., Luippod H. J.: Effects of giberellin on gamairradiated wheat. Am. J. Bot. 47 : 140—144, (1960).
78. Hais M. I., Macek K.: Papírová chromatografie, 1954.
79. Hais M. I., Macek K.: Papírová chromatografie, 1959.
80. Haskins F. A.: Influence of seed irradiation with X-rays and thermal neutrons upon cell side and mitotic activity in root tips of maize. The American Naturalist 92 : 367—370, (1958).
81. Haskins F. A., Chapman W. D.: Effects of Irradiation, Maleic Hydrazide, Temperature and Age on Enzyme Activity in Seedlings of Corn (*Zea mays* L.) Physiol. Plant. 9 : 356—362, (1956).
82. Hauschild A. H. V.: The interconversion of glycine and serine in *Zea mays*. Canad. J. Biochem. 37 : 887—894, (1959).
83. Heilmann J., Barrolier J., Watzke E.: Beitrag zur Aminosäurebestimmung auf Papierchromatogrammen. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem. 309 : 219—220, (1957).
84. Hemberg T.: Studies on the occurrence of free and bound auxins and for growth — inhibiting substances in the potato tuber, Physiol. Plant. 7 : 312—322, (1954).
85. Hemberg T.: Auxins and growth — inhibiting substances in maize kernels. Physiol. Plantarum. 11 : 284—311, (1958).
86. Henbest H. B., Jones E. R. H., Smith G. F.: Isolation of a new plant — growth hormone, 3-indolylacetonitrile. J. Chem. Soc. 3769, (1953).
87. Hollaender A.: Radiation biology. Washington 1954, 1956.
88. Holzknecht C.: Gibt es eine Reizwirkung der Röntgenstrahlen? Münch. med. Wochenschr. 761—772, (1923).
89. Hončariv R.: Stimulácia rastu u *Trifolium pratense* po vystavení nízkým dávkám chronického gamma-záření. Biológia plantarum 1 : 205—210, (1959).
90. Hrabětová E., Tupý J.: Quantitative determination of proline by paper chromatography. J. Chromatog. 3 : 199—210, (1960).
91. Hrubý K.: Variabilita a korelace v biologii. Rozpravy II. tř. České akademie 60 : 1—100, (1950).
92. Hrubý K., Konvička O.: Polní pokusy jejich zakládání a hodnocení. Olomouc, 1954.
93. Hutchinson F.: Radiation inactivation of molecules in cells. The Amer. Naturalist. 94 : 59 až 70, (1960).
94. Chench M. A., Kuričeva E. A., Evdokimov V. F.: Dejstvije gamaizlučenij Co^{60} na rastvory sacharozy. DAN SSSR 131 : 684—687, (1960).
95. Chench N. A., Lapinskaja E. M.: Dejstvije gamma-izlučenija radioaktivnogo kobalta Co^{60} na belki i aminokisloty. DAN SSSR 110 : 125—128, (1956).
96. Iven H.: Neure Untersuchungen über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Pflanzen. Strahlentherapie, B. XIX : 413—461, (1925).
97. Johnson E.: Effects of X-rays upon green plants. Duggar „Biological effects of radiation“. Ch. 19 : 961—986, (1936).
98. Jones E. R., Henbest H. B., Smith G. F., Bentley A. J., Beta Indolylacetonitrile: a naturally occurring plant growth hormone. Nature 169 : 485, (1952).
99. Jost L.: Über Wuchsstoffe. Zeitschr. für Botanik 31 : 95—121, (1937).
100. Jost L.: Zur Physiologie der Wuchsstoffe. IV. Zeitschr. für Botanik, 33 : 193—215, (1938).
101. Jost L., Reiss E.: Zur Physiologie der Wuchsstoffe II. Einfluss des Heteroauxins auf Längen- und Dickenwachstum. Zeitschr. für Botanik 30 : 335—376, (1936).
102. Jost L., Reiss E.: Zur Physiologie der Wuchsstoffe. Zeitschrift für Botanik 31 : 5—94, (1937).
103. Kefford N. P.: The growth substances separated from plant extracts by chromatography I. Jour. Exp. Bot. 6 : 129—151, (1955).
104. Kefford W. P.: The growth substances separated from plant extracts by chromatography II. Jour. Exp. Bot. 6 : 245—255, (1955).
105. Kefford N. P.: Growth — substances separated by chromatography. Nature. 176/249, (1955)

106. Keil B., Šormová Z.: Laboratorní technika biochemie, Praha, 1959.
107. Kempton J. H., Maxwell L. R.: Effect of temperature during irradiation on the X-ray sensitivity of maize seed. *Jour. Agric. Res.* 62 : 603–618, (1941).
108. Kiece V.: Vlijanje oblučenija radiativnym kobaltom na prorastanje semjan i rost kukuruzy. *Izv. AN. Latvskoj SSR* 5 : 131–135, (1959).
109. Kiermayer O.: Eine einfache Arbeitsweise für den Koleoptilzylindertest. *Planta* 47 : 527–531, (1956).
110. Klingmüller W.: Zur Frage einer jahresperiodischen Änderung der Strahlenempfindlichkeit bei Gerste. *Die Naturwissenschaften* 47 : 261–262, (1960).
111. Kögl F.: Über Auxine. *Anweg. Chemie.* 46 : 469–473, (1933).
112. Korableva N. P.: Vlijanije gamma-lučej na sodržanije sulfidrilnych sojedinenij v klub-njach karofelja. *DAN SSSR* 126 : 880–883 (1959).
113. Korogodin V. J., Mamedov T. G.: O vlijanii oblučennych proročkov rasteij na rost ne-oblučennych. *Biofizika* 5 : 186–188, (1960).
114. Kretovič V. L., Jevstignejeva L. G.: Sintez belka iz asparagina i glutamina v proročkach pšenicy. *DAN SSSR* 93 : 1879–1880, (1953).
115. Krjukova L. M., Kuzin A. M.: O distancionnom vozdejstvii ionizirujuščej radiacii na raste-nija. *Biofizika*, 5 : 450–453, (1960).
116. Kursanov A. L.: Značenie izotopov i drugih novejšich metodov issledovanija v biologii dlja rešenija voprosov sel'skogo chozajstva. *Izv. Akad. nauk SSSR, ser. biol.* 1 : 8–19, (1954).
117. Kutáček M., Icha F., Valenta M., Tupý J., Holková L.: Studie indolových derivátů v rů-žičkové kapustě (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*). *Chem. listy* 52 : 531–536, (1958).
118. Kuzin A. M., Berezina N. M., Šlykova O. N.: K voprosu o vlijanii moščnosti dozy na radio-biologičeskij efekt u rasteij. *Biofizika*. 5 : 566–569, (1960).
119. Kuzin A. M., Ejduš L. Ch., Straževskaja N. B.: Izučenie pri pomošči mečennyh soedinenij vlijanija rentgenovskich lučej na nekotorye svojstva belka i ego sintez. *DAN SSSR* 102 : 267 až 270, (1955).
120. Kuzin A. N., Krjukova L. M., Sajenko G. N.: Ob obrazovanii pri oblučenii rasteij ve-ščestv, zamedljajuščich delenije kletok, rost i razvitije rasteij. *Biofizika* 4 : 350–353, (1959).
121. Lačok P.: Osobné zdenie. 1960.
122. Lallemand S.: Etude de l'action des rayons X sur le developement des plantes. *Arch. d'ana-tomie, d'histologie et d'embryologie* 10 : 1–233, (1929).
123. Larsen P.: Beta – Indolyl – Acetaldehyd als Stresckungswuchsstoff in höheren Pflanzen. *Saetryk of Botanisk Tidsskrift* 46 : 146–147, (1943).
124. Larsen P.: 3-indole acetaldehyde as a growth hormone in higher plants. *Dansk Botanisk Arkiv. (Res Botanicae Danicae)* 11 : 1–32, (1944).
125. Larsen P.: Formation, occurrence and inactivation of growth substances. *Ann Rev. Plant. Physiol.* 2 : 169–198, (1951).
126. Larsen P., Bonde E.: Auxine and Auxin Precursors in Plants. *Nature* 171/180–181, (1953).
127. Lea D. E.: Actions of radiations on living cells. Cambridge, The University Press. 1955.
128. Lebedev G. O.: Skorost' obmena vody v nabuchščich semenach rasteij. *DAN SSSR* 128 : 632–634, (1960).
129. Lee C. C.: Note in the irradiation of flours from thirteen varieties of wheat. *Cereal chem.* 37 : 78–80, (1960).
130. Libbert E.: Wechselwirkungen zwischen Auxinen und Inhibitoren bei Keimungsversuchen. *Fyton.* 12 : 81–105, (1957).
131. Libbert E.: Untersuchungen über die Physiologie der Adventivwurzelbildung. III. Unter-suchung der Hemmstoffe, mittels derer eine Wurzel die Adventivwurzelbildung beeinflusst. *Zeitschr. für Bot.* 45 : 57–76, (1957).
132. Linser H.: Zur Wirkungsweise von Wuchs- und Hemmstoffen I. Wachstumswirkungen von Indol-3-Essigsäure und Eosin sowie pflanzlicher Wuchs- und Hemmstoffe in Gemisch an der Avena-Koleoptile. *Biochem. et Biophys. Acta* 6 : 384–393, (1951).
133. Linser H., Kiermayer O.: Method zur Bestimmung pflanzlicher Wuchsstoffe. Wien, Springer Verlag, 1957.
134. Linskens H. F.: Papierchromatographie in der Botanik. Berlin Göttingen-Heidelberg, Springer Verlag, 1959.
135. Lopriore G.: Azione dei raggi X sul protoplasma della cellula vegetale vivante. *Bott. Zentralbl* 73 : 451–452, (1898).
136. Luckwill L. C.: Application of paper chromatography to the separation and identification of auxins and growth inhibitors. *Nature* 169 : 375, (1952).

137. Luckwill L. C.: Studies of fruit development in relation to plant hormones IV. Acidic auxins and growth inhibitors in leaves and fruits of the apple. *J. Horticult. Sci.* 32 : 18–33, (1957).
138. Mamedov T. G.: Vlijanie sostojanija kletok rastenij na ich radiočuvstvitel'nost'. *Citologija*, 2 : 175–178, (1960).
139. Martius H. Bohnenversuche an Röntgenstrahlen. *Fortschr. Geb. Röntgenstr.* 32 : 361, (1924).
140. Michalski L.: Wycinarka i klinostat próbówkowy do badań regulatorów wzrostu metoda testu cylindrycznego. *Wiad. Bot.* 2 : 241–245, (1958).
141. Mika E. S.: Effects of indoleacetic acid on root growth of X-irradiated peas. *Bot. Gaz.* 113 : 285 až 293, (1951).
142. Milner M., Finney K. F.: Veränderung in Weizen durch Gammabestrahlung. *Getr. mehl.* 9 : 110–112, (1959).
143. Myslivec V.: Statistické metody zemědělského a lesnického výzkumnictví, Praha (1957).
144. Nickson J.: Symposium on radiobiology, London 1952.
145. Nitsch J. P.: Methods for the investigation of natural auxins and growth inhibitors. London The Chemistry and mode of Action of Plant Growth Substances (1956).
146. Nitsch J. P., Nitsch C.: Studies on the growth of coleoptile and first internode sections. A new sensitive straight growth test for Auxin. *Plant Physiology* 31 : 94, (1956).
147. Oppenoorth W. F. F.: Photo-inactivation of auxin in the coleoptile of Avena and its bearing on phototropism. *Proc. of the Koninklijke nederlandse Akademie van Wetenschappen XLII* : 290 až 915, (1939).
148. Oppenoorth W. F. F.: On the role of auxin in the phototropism and light growth reaction of Avena coleoptiles. *Rec. Trav. Bot. Néerl.* 38 : 287–372, (1941).
149. Oreško V. F., Korotčenko K. A.: O mechanizme dejstvija gamma izlučeniya na geli krachmala. *Izv. VUZ – Piščevaja tehnologija*, 4 : 51–54, (1959).
150. Oreško V. F., Korotčenko K. A.: O mechanizme dejstvija ionizirujuščich izlučenij na nativnyj krachmal. *Piščevaja tehnologija* 5 : 29–34, (1959).
151. Oreško V. F., Korotčenko K. A.: Issledovanie destrukcii krachmala v zavisimosti od dozy ionizirujuščego gamma izlučeniya. *DAN SSSR* 133 : 1219–1222, (1960).
152. Ovčar L. A.: Vlijaniye gama-lučej radioizotopa Co⁶⁰ na vschožesť i intensivnosť dychanija suchogo zerna kukuruzy. *Izvestija VUZ. Piščevaja tehnologija* 2 : 11–13, (1958).
153. Overbeek J. van: Auxin production in seedlings of dwarf maize. *Plant Physiol.* 13 : 587–598, (1938).
154. Pasynskij A. G., Dëmin N. N.: Osnovnyje zadači radiacionnoj biochimii. *Biochimija* 25 : 385–392, (1960).
155. Pätzold Ch., Kolb W.: Beeinflussung der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) und der Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) durch Röntgenstrahlen. *Beitr. z. Biol. d. Pfl.* 33 : 437–458, (1957).
156. Perthes M.: Versuche über den Einfluss der Röntgenstrahlen und Radium Strahlen auf die Zellteilung. *Deutsch. med. Wochenschr.* 1:17–18, (1904).
157. Petry E.: Zur Kenntnis der biologischen Bedingungen der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen. *Biochem. Zeitschr.* 119 : 23–44, (1921).
158. Pierre A.: Aktivnosť fermentov i kofermentov v oblučennyh tkanjach. Moskva, Ionizirujuščije izlučeniya i kletočnyj metabolism. 58–78, (1958).
159. Pleškov B. P., Šmyreva T. V., Ivanko Š.: Izmenenije soderžanija svobodnyh aminokyslot v listjach i kornjach kukuruzy v zavislosti ot uslovij pitaniya rastenij. *Fiziologija rastenij*, 6 : 668–678, (1959).
160. Pohl H.: Das Hemmstoff-Wuchsstoffsystem des maisskutellums. *Planta*, 39 : 105–125, (1951).
161. Polevoj V. V.: Dinamika beta-indoliluksusnoj kisloty v sozrevajuščich i porastajuščich semenach kukuruzy. *DAN SSSR*, 124 : 695–698, (1959).
162. Porjadkova N. A.: Pervičnyje lučevyje poraženija i ich vosstanovlenije v pokojaščichsja semenach raznoj vlažnosti. *DAN SSSR* 134 : 706–709, (1960).
163. Porjadkova N. A., Makarov N. N., Kulikov N. V.: Opyty po radiostimuljacii kulturnych rastenij. *Trudy Instituta biologii UFAN SSSR*, III. 13 : 19–33, (1960).
164. Prjanišnikov A. M. Azot v žizni rastenij i zemledelii. Moskva, (1953).
165. Reinert J.: Wachstum. *Fortschr. Bot.* 16 : 330–348, (1954).
166. Reinert J., Forstman E.: Untersuchungen über das Auxin der Maiscoleoptile. *Planta* 52 : 623–347, (1959).
167. Reinhard M. C., Tucker K. L.: The effects of X-radiation on crystalline and dissolved sucrose. *Radiology*. 12 : 151–153, (1929).

168. Romenskij N. V., Čmyr A. D.: Vlijanje gama-lučej Co^{60} na žirovyje večestva kukuruzy pri chranenii. Izv. VUZ Piščevaja tehnologija 4 : 29–31, (1959).
169. Sax K.: The effect of ionising radiation on plant growth. Amer. J. Bot. 42 : 360–378, (1955).
170. Sauberer F., Härtel O.: Pflanze und Strahlung, Leipzig, (1959).
171. Schober A.: Ein Versuch mit Röntgen'schen Strahlen auf Keimpflanzen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 14 : 108–110, (1896).
172. Schwarz G., Czepa A., Schindler H.: Zum Problem wachstumsfördernder Reizwirkung der Röntgenstrahlen bei höheren Pflanzen. Fortschr. Geb. Röntgenstr. 31 : 665–680, (1923).
173. Schwimmer S., Bun K. H., Harrington W. O., Weston W. I.: Gamma irradiation of potatoes: effects on sugar content, chip color, germination, greening and susceptibility to mold. Am. Potato J. 34 : 31–41, (1957).
174. Siegel S. M., Weintraub R. L.: Inactivation of 3-indolacetic acid by peroxides. Physiol. Plantarum 5 : 241–247, (1952).
175. Sierp H., Robberts F.: Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Wachstum der Pflanzen. Strahlentherapie 4 : 538–557, (1922).
176. Sing-Ping-Lai: Treatment of wheat with ionising radiations. IV. Oxydative, physical and biochemical changes. Cer. Chem. 36 : 401–411, (1959).
177. Sisakjan N. M.: On the nature of changes in metabolism under irradiation effects. Intern. conf. on the peaceful uses of atomic energy. 8/P/691, 1–26, (1955).
178. Skoog F.: The effects of X-rays on growth substance and plant growth. Science 79 : 256, (1934).
179. Skoog F.: The effects of X-irradiation on auxin and plant growth. J. cell. comp. Physiol. 7 : 227–270, (1935).
180. Skoog F.: Plant Growth Substances. University of Wisconsin Press. (1951).
181. Smith G. F., Kersten H.: Auxin and calines in seedlings from X-rayed seeds. Am. J. Bot. 29 : 785–791, (1942).
182. Söding H.: Die Wuchsstofflehre. Ergebnisse und Probleme der Wuchsstoffforschung. Stuttgart, (1952).
183. Söding H., Raadts E.: Über das Verhalten des Wuchsstoffes der Koleoptilenspitze gegen Säure und Lauge. Planta 43 : 25–36, (1953).
184. Sparrow A. H., Bünnington J. P.: Bibliography on the Effects of ionizing Radiations on Plants. 1896–1955, New York, 1958.
185. Stafijčuk A. A.: K voprosu opredelenija kačestva proteina kukuruzy. Doklady Vaschnil. 24 : 7–9, (1959).
186. Stein O. L., Steffensen D. M.: The activity of X-rayed apical meristems: A genetic and morphogenetic analysis in Zea mays. Ztschr. f. Vererbungslehre 90 : 483–502, (1959).
187. Steinbach K. J., Frantzke Cl.: Untersuchungen an keimenden Mais. Die Nahrung 4 : 906–912, (1960).
188. Stoklasa J., Penkava J.: Biologie des Radiums und Uraniums. Berlin, (1932).
189. Stowe B. B., Thimann K. V.: Indolepyruvic Acid in maize. Nature 172 : 24, (1953).
190. Stowe B. B., Thimann K. V.: The paper chromatography of indolecompounds and some indole-containing auxins of plant tissues. Arch. Biochem. and Biophys. 51 : 499–516, (1954).
191. Sussman A. S.: J. Cellular and Compar. Physiol. 42 : 273–283, (1953) cit. podľa Vasiljeva 1960.
192. Šaĭnova M. N.: Ob obrazovanii toksičeskich agentov pri lučevoj sterilizacii. Žurnal obščej biologii XIX : 234–239, (1958).
193. Šestakov A. G., Ivanova G. F., Šmelkova M. Š.: O reakcii rastenij na radiacionnoje dejstvije P^{32} vo vtorom pokolenii DAN SSSR, 102 : 3 : 641–645, (1955).
194. Täufel K., Steinbach K. J., Hartmann B.: Über die niederen Sacharide des Maises und ihr Verhalten während Lagerung und Keimung. Die Nahrung, 4 : 452–465, (1960).
195. Therman E., Sepälä M.: Indole-3-acetic acid as protective substance against X-rays. Physiologia Plantarum, 12 : 716–719, (1959).
196. Thimann K. V.: Hydrolysis of Indolacetonitrile in Plants. Archives of Biochemistry and Biophysics. 44 : 242–243, (1953).
197. Thimann K. V., Skoog F.: The extraction of auxin from plant tissues. Amer. J. Bot. 27 : 951–960, (1940).
198. Thimann K. V., Skoog F., Bayer C. A.: The extraction of auxin from plant tissues II. Amer. J. Bot. 29 : 598–606, (1942).
199. Timofeev-Resovskij N. V., Lučnik N. V.: Radiacionnaja stimulacija rastenij i ee vozmožnaja teoretičeskaja interpretacija. Radiobiologija (Moskva), 258–266, (1958).
200. Timofeev-Resovskij N. V., Lučnik N. V.: Citologičeskije i biofizičeskije osnovy radio-stimuljacii rastenij. Trudy Instituta biologii UFAN SSSR, III. 13 : 5–17, (1960).

201. Timofeev-Resovskij N. V., Porjadkova N. A., Makarov N. M., Preobraženskaja E. I.: Problema radiostimuljacji rastenij 1. O dejstvii slabych doz ionizirujuščich izlučenij na rastenija. Trudy Instituta biologii UFAN SSSR I. 9 : 129, (1957).
202. Trzebinski J., Ehrenberg L.: Determination of starch solubilized by means of irradiation. Acta Chem. Scand. 13 : 1075—1080, (1959).
203. Tupý J.: Investigation of free amino-acides in crossself—and non-pollinated pistils of *Nicotiana glauca*. Biologia Plantarum (Praha) 3:47—64, (1961).
204. Varga M., Ferenczy L.: Quantitative Changes in growth—promoting and growth—inhibiting substances in Rindite treated and untreated potato tubers. Acta Botanica Academiae Nicotiana Hungarica III. 112—121, (1957).
205. Vasiljev I. M.: O korreljativnych izmenenijach v rastenijach pod vlijaniem rentgenovskich lučej. DAN SSSR 116 : 49—51, (1957).
206. Vasiljev I. M.: O stimulirovanii rosta rastenij rentgenovskim oblučenijem. Fiziol. rastenij. 6 : 312—315, (1959).
207. Vasiljev I. M.: (Lučevaja bolezn' rastenij. Žurnal obščej biologii. 21 : 12—19, (1960).
208. Vasiljev I. M.: Dejstvije ionizirujuščich izlučenij na rastenija, Moskva, (1962).
209. Vasiljev I. M., Maslova E. I.: Dejstvije rentgenovskogo oblučenija na meristemnyje kletki začatocnogo stebļa pšenicy. DAN SSSR 126 : 1351—1353, (1959).
210. Vasiljev I. M., Maslova E. I., Parfenova O. I.: Dejstvije očeň vysokich doz rentgenovskogo oblučenija na soderžanije aminokislot, belkov i nukleinovych kislot v rastenijach pšenicy. DAN SSSR. 130 : 206—209, (1960).
211. Vasiljev I. M., Rybalka N. D.: Vlijaniye rentgenovskogo oblučenija na soderžanije azotistych veščestv v rastenijach pšenicy. DAN SSSR. 124:928—929, (1959).
212. Vasiljev I. M., Rybalka N. D.: Dejstvije rentgenovskogo oblučenija na fotosintez rastenij pšenicy. DAN SSSR 121 : 78—79, (1958).
213. Vasiljev I. M., Rybalka N. D., Ciň Su-Juň: Nakoplenie sacharov v listjach pšenicy pod vlijaniem rentgenovskogo oblučenija. DAN SSSR, 119 : 62—64, (1958).
214. Vasiljev I. M., Ciň Su-Juň: O mobilizacii i peredviženii plastičeskich veščestv v proroščkach pšenicy posle rentgenovskogo oblučenija. Fiziologija rastenij. 6 : 610—611, (1959).
215. Vasiljev I. M., Žukov B. G.: Vlijaniye drobnogo rentgenovskogo oblučenija na sposobnost' rastenij vstanovlivat' rost. Biofizika. 5 : 46—48, (1960).
216. Vigorov M.: Uskorennyj metod opredelenija belka pšenicy i tryptofana kukuruzy. Selek. i semenovodstvo. 22 : 79—84, (1957).
217. Wain R. L., Wightmann F.: The Chemistry and mode of action of plant growth substances. London, (1956).
218. Wallenfels K., Bernt E., Limberg E.: Quantitative Bestimmung reduzierender Zucker durch Papierchromatographie sowie eine Anwendung zur Mikrobestimmung der Blutzucker. Anweg. Chemie 65 : 581—586, (1953).
219. Waygood E. R., Oaks A., MacLachlan G. A.: The enzymically catalyzed oxidation of indoleacetic acid. Canad. J. Bot. 34 : 905—926, (1956).
220. Went F. W.: Allgemeine Betrachtungen über das Auxin-Problem. Biologischen Zentralbl. 56 : 449—463, (1936).
221. Wolfram M. L., Binkley W. W., McCabe L. J., Michelakis A. M.: The effect of ionizing radiations on carbohydrates. Radiation Research 10 : 37—47, (1959).
222. Yamaki T., Nakamura K.: Formation of indoleacetic acid in maize embryo. Sci Papers Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo 2 : 81—98, (1952).
223. Zacharčenko I. M., Kalenyč E. S.: Sklad proteinovych rečovyn kukuruzy. Dopovidi Ukrajskoi Acad. Sielskohosp. Nauk, 2:15—17, (1960).

Влияние X-лучей на ранние стадии развития кукурузы

Резюме

В данной работе исследовалось влияние ионизирующего облучения на ранние стадии развития кукурузы. Целью работы было изучить влияние облучения на некоторые физиологические процессы, связанные с ростовыми и морфологическими изменениями, которые были вызваны облучением посевного материала X-лучами. Так как все анализы проводились

в сравнении с контрольным материалом, результаты опыта позволяют нам иметь также представление о нормальных изменениях в росте и морфологии, о содержании исследуемых соединений и о физиологических процессах, протекающих при прорастании кукурузы. Из ростовых изменений следовали длину корня и coleoptilia. Наблюдались также и их морфологические изменения. Дальше определяли содержание свободных аминокислот, восстановительных соединений, восстановительных соединений после гидролиза с щавелевой кислотой и содержание свободных глицидов. Особое внимание уделялось ростовым и тормозящим веществам в течение прорастания кукурузы.

В качестве источника облучения использовали рентгеновый аппарат Хирана.

1. Дозами от около 2000 г получили подавление роста coleoptilia и корней. Дозы от 5000 г и выше имели летальное действие. При этих дозах обнаружили также и морфологическое изменение. Из облученных семян выросли более грубые и опухольевидные органы, которые имели более слабую природную пигментацию. При дозах около 2000 г отмечался спиралевидный рост некоторых coleoptilий.

2. С помощью бумажной хроматографии определили, что в coleoptiliaх, корнях и семенах кукурузы содержатся следующие аминокислоты: аспарагиновая, глутаминовая кислоты, серин с глицином, аспарагин, глутамин, треонин, валин, лейцин, пролин, гамма-аминомасляная кислота, лизин, тирозин и гистидин. Содержание аминокислот менялось в зависимости от отдельных органов. Подобно эти количественные отношения изменялись с развитием растений.

3. На качественное содержание аминокислот облучение оказало влияние только в одном случае, когда после облучения появился цистин. Предполагается, что появление цистина тесно связано с защитным действием — SH веществ и с разрывом главных связей в белках после облучения.

4. В органах облученной кукурузы наблюдалось с одной стороны значительное снижение в содержании отдельных аминокислот а с другой стороны их накопление. Особенно чувствительной аминокислотой, содержание которой после облучения быстро снижалось, была гамма-аминомасляная кислота. Относительно амидов аспарагина и глутамина предполагается, что их накопление связано с защитным эффектом из денатурированных белков. Накопление или снижение содержания аминокислот зависит от дозы, органа и дня анализа после облучения. Отдельные аминокислоты реагируют на облучение специфически.

5. В coleoptiliaх прорастающей кукурузы определялось содержание сахарозы, глюкозы и фруктозы. В корнях сахароза полностью отсутствовала, или имелись лишь ее следы. В семенах была найдена рафиноза, мальтоза, сахароза, глюкоза и фруктоза. На третий день культивирования в семенах были найдены 2 неизвестных глицида а на пятый день четыре.

6. При дозах, начиная от 1500 г, у которых не наблюдались ростовые изменения, не были найдены изменения ни в редуцирующих веществах, ни в отдельных глицидах. При высоких дозах облучение больше всего действовало на содержание восстанавливающих веществ и глицидов в coleoptiliaх. В корнях изменения были намного меньшие, в семенах эти различия и вовсе не были показательными. У редуцирующих веществ было отмечено снижение в их содержании в зависимости от дозы облучения, а у редуцирующих веществ от гидролиза с щавелевой кислотой, напротив, их повышение. Снижение содержания восстановительных веществ соответствует снижению глюкозы и фруктозы, что определили с помощью хроматографического разделения. Повышение редуцирующих веществ после гидролиза с щавелевой кислотой вызвало неизвестное восстановительное соединение, поскольку сахароза при хроматографическом разделении была чрезвычайно чувствительной. В облученных coleoptiliaх при низких дозах содержание сахарозы было небольшое, при высоких она отсутствовала.

7. При разделении ростовых и тормозящих веществ на нейтральную и кислую фракции наблюдалось с помощью биологического теста после хроматографического разделения несколько стимулирующих и тормозящих веществ. Из стимулирующих было можно определить индолилуксусную кислоту сразу же после намокания. На третий день ее содержание повысилась, а на пятый не была обнаружена. О природе остальных найденных стимулирующих веществ, которые могут быть предшественниками индолилуксусовой кислоты, мы ничего больше сказать не можем, так как для их идентификаций не имели необходимые стандарты.

8. Анализ облученной кукурузы позволил установить, что сама по себе индолилуксусная кислота не является очень чувствительной к облучению, но ее биосинтез напротив, чрезвычайно чувствителен. Это подтверждает накопление веществ стимулирующего характера после облучения, о которых предполагается, что они являются ее предшественниками.

9. Действием облучения наблюдалось с одной стороны, исчезновение отдельных стимулирующих зон, а с другой, возникновение стимулирующих веществ в тех местах хроматограммы, где они до этого не появлялись или имелись в небольшом количестве.

Считается, что облучение вызывает разрушение стимулирующих и тормозящих веществ и вместо естественно имеющихся стимулирующих и тормозящих веществ накапливаются другие, стимулирующие и тормозящие вещества. Отмечены в облученных тканях нарушения стимулирующих и тормозящих веществ, имеющихся в естественных условиях. Было установлено также появление специфических тормозящих веществ действием облучения.

The effect of X-rays on first development stages of maize

Summary

In the presented paper the effect of ionizing radiation on the first development stages of corn are described. The work was aimed to study the effect of ionizing radiation upon some physiological factors in connection with growth- and shape differences as called forward by the effect of X-rays acting prior to seeding. As all the assays were compared with controls, the results presented give also a picture of normal growth- and shape-variations, about the levels of the substances studied as well as about the processes taking place in the course of corn germination. From the point of growth changes, the length of the roots and of the coleoptile as well as their morphological changes were studied. Further, free aminoacids, reducing substances, reducing substances after hydrolysis by oxalic acid and free sugars were assayed. Special attention was given to growth promoting- and inhibiting substances.

As the radiation source a Chirana X-ray machine was used.

1. Starting with doses of about 2000 r, inhibition of coleoptile- and root-growth and with doses of 5000 r and higher a lethal effect was observed. With high radiation doses also changes in shape were observed. From irradiated seeds grew thickened organs with tumors and weaker natural pigmentation. With doses of about 2000 r a coil-like growth of some of the coleoptiles was observed.

2. It was established by paper chromatography, that in the coleoptiles, roots and seeds of corn the following aminoacids are present: Asparatic acid, glutamic acid, serine with glycine, asparagine, glutamine, threonine, valine, leucine, proline, gammaaminobutyric acid, lysine, tyrosine and histidine. The amount of aminoacids in different organs varied. The quantitative proportions of aminoacids present varied in dependance on the development of the plants.

3. Radiation had an effect on the qualitative composition of aminoacids only in one case, in which cystine emerged after irradiation. It is supposed that the emerging of cystine is in close connection with the protective effect of -SH substances and with the cleavage of the main bonds of proteins after irradiation.

4. In the organs of irradiated corn on one hand a statistically significant decrease of the content of some aminoacids and on the other hand a pronounced increase in the content of other aminoacids was observed, these changes being proportionate to the increase of the doses of radiation. Gammaaminobutyric acid showed to be especially sensitive, as the content of this substance sharply decreased after irradiation. With the amides of asparagine and glutamine it is presumed, that their accumulation takes places as a result of their protective effect against ammonia, which could be formed from denaturated proteins. The observed accumulation or decrease of the content of certain aminoacid depends from the dose of radiation, the organ studied and the lapse of time from irradiation to the assay. Various aminoacids react specifically to radiation.

5. In coleoptiles of germinating corn, sucrose, glucose and fructose were found. In the roots sucrose was either not present or present only in traces. In the seeds, raffinose, maltose, sucrose, glucose and fructose were found. Two and four unidentified saccharides were detected in the seeds on the third and fifth day of cultivation, respectively.

6. At doses up to and including 1500 r, where no changes in growth were detected, also no changes of the content of reducing substances and of the various glycidies were observed. At higher doses of radiation, the greatest changes were observed in the content of reducing substances and free saccharides of the coleoptiles. In the roots, the changes were much smaller and in the seeds the changes were usually statistically insignificant. A direct dependance of the decrease of the content of reducing substances on the dose of radiation, and an increase of the content of reducing substances as assayed after hydrolysis with oxalic acid, was observed. The decrease of the content of reducing substances corresponds to the decrease of the content of glucose and fructose as assayed after chromatography. The increase of the content of reducing substances after hydrolysis was

caused by an unidentified reducing substance, as sucrose after chromatography proved to be exceptionally sensitive to radiation. After lower doses of radiation the level of sucrose in the coleoptiles decreased and after higher doses sucrose was not present at all.

7. After dividing of the growth-promoting and -inhibiting substances into a neutral and acidic fraction, a greater number of stimulating and inhibiting substances was revealed by biological tests after chromatography. From growth promoting substances indoleacetic acid was identified immediately after soaking. The amount of this substance increased on the third day and indoleacetic acid was not identified on the fifth day of the experiment. As we had no standards necessary for the identification of the rest of the growth promoting substances, which possibly could be precursors of indoleacetic acid, we cannot tell anything about their character.

8. Assays of irradiated corn proved, that indoleacetic acid is not very sensitive to X-rays, but the biosynthesis of this compound is very profoundly influenced by radiation. This fact is proved by the accumulation of substances of a growth -promoting character after irradiation, substances which are supposed to be precursors of indoleacetic acid.

9. Under the influence of radiation the loss of some of the zones with a stimulating effect on one hand, and on the other hand the emergence, or enhancement of new stimulative zones of the chromatograms was observed.

It was established, that irradiation causes a destruction of naturally growth-promoting and inhibiting substances instead of which other growth-promoting and-inhibiting substances emerge. In the irradiated tissues, defects of the naturally occurring growth-promoting and-inhibiting substances were observed. Under the effect of radiation also the emergence of specific growth-inhibiting substances takes place.

Charakteristika nepohlavnej a pohlavnej formy
Penicillium griseum (Sopp) Thom

V. DÚBRAVSKÁ

Úvod

U mnohých druhov nižších húb sa vyskytuje značné množstvo rozličných foriem, ktoré sa líšia nielen morfológicky, ale aj fyziologicky (8, 10, 15, 17). Tak u nepohlavnej formy je známa existencia hladkých a zvlnených kmeňov, medzi ktorými sú dosť veľké rozdiely tak v morfológických, ako aj vo fyziologických znakoch (8, 15, 16, 17). Štúdium jednotlivých kmeňov má preto aj praktický význam.

Nemalý význam má aj fyziologická charakteristika pohlavných a nepohlavných foriem určitého druhu, a to najmä pre objasnenie podmienok samotného pohlavného rozmnožovania. Niekoľko prípadov existencie pohlavnej i nepohlavnej formy je známe aj v samotnom rode *Penicillium* Link (19, 22). I keď je známe značné množstvo faktorov, ktoré pôsobia priaznivo na pohlavné rozmnožovanie, len zriedkavo sa v jednotlivých prácach uvádzajú fyziologické rozdiely pohlavnej a nepohlavnej formy (4, 7, 12, 17).

Pohlavnú formu *Penicillium griseum* (Sopp) Thom získala Bernátová (3) a pretože táto forma nebola doteraz vôbec známa, zisťovali sme u nej — i u formy nepohlavnej — nielen morfológické, ale aj fyziologické znaky.

Materiál a metodika

Pracovala som s týmito tromi formami:

1. Nepohlavná forma *Penicillium griseum* (Sopp) Thom, syn. *Citromyces griseus* Sopp.
2. Pohlavná forma — *Carpenteles griseus* (Sopp) Bern. et Dúbr. (4).
3. Nepohlavná forma, ktorá druhotne vyrastá na forme pohlavnej (4, 7).

Celkový morfológický charakter sledovaných foriem je podrobne opísaný v práci Bernátovej a Dúbravskej (4) a základné morfológické rozdiely kolónií sú zachytené aj na obr. 1 až 3.

U všetkých kmeňov som sledovala intenzitu rastu podľa celkového množstva sušiny (18). Súčasne som sledovala zmeny pH v kultivačnom prostredí. pH som zisťovala potenciometricky sklenou elektródou (18). Ďalej som sledovala v kultivačnom prostredí celkovú produkciu kyselín titračne a množstvo amoniaku destilačne (18).

V sušine som zisťovala celkové množstvo uhlíka oxydometricky, celkové množstvo dusíka podľa Kjeldahla (18) a celkové množstvo P_2O_5 . Spaľovanie sušiny na stanovenie P_2O_5 som robila podľa Chejfece, vlastné kolorimetrické stanovenie podľa Truoga (13) na fotokolorimetri FEK.

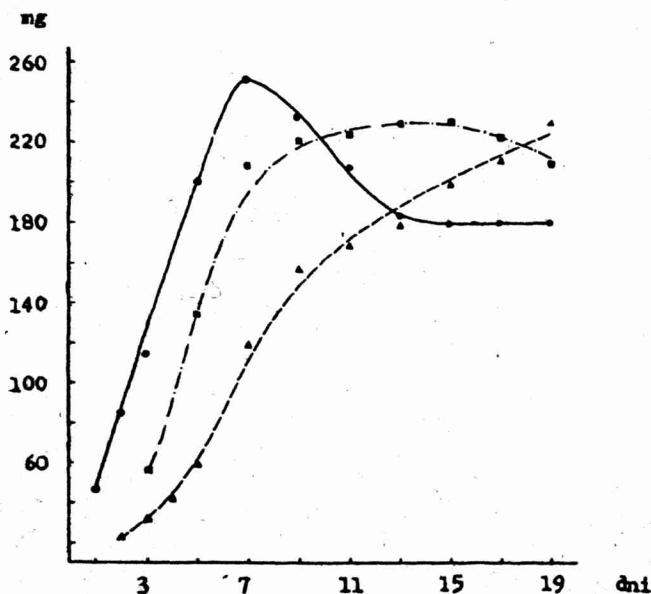
Kultivácia sa uskutočňovala na tekutom prostredí podľa Czapka v 100 ml varných bankách s 25 ml kultivačného prostredia. Namiesto sacharózy som do kultivačného prostredia dávala glukózu. Sterilizácia kultivačného prostredia pri pretlaku 1,5 atm. 30 min. Začiatkové pH 6,4, spotreba 0,1 N NaOH 0,4 ml, množstvo N/ NH_3 0,0 mg.

Všetky banky som očkovala rovnakým množstvom homogenizovanej suspenzie spór. Množstvo spór som kontrolovala v Bürkerovej komôrke a zriedovacou metódou.

Vlastná kultivácia bola urobená staticky pri 27 °C. Jednotlivé stanovenia som robila v dvojdňových intervaloch 19 dní. Uvádzané hodnoty sú priemerom 4 stanovení.

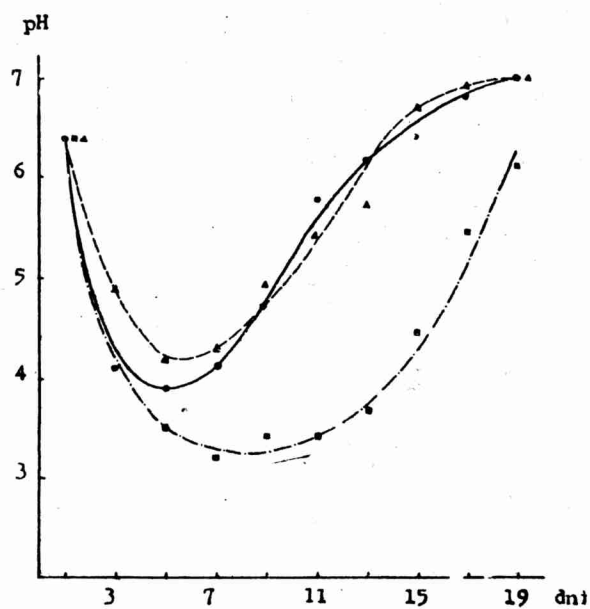
Výsledky

Sledovanie intenzity rastu ukázalo, že medzi jednotlivými formami sú značné rozdiely (graf 1). V daných podmienkach rastie najrýchlejšie nepohlavná forma (č. 1) a najpomalejšie forma pohlavná (č. 2). Druhotná nepohlavná forma predstavuje akýsi prechod medzi predchádzajúcimi formami. Pomalší rast pohlavnej formy v prvých dňoch kultivácie je zapríčinený predovšetkým menšou rýchlosťou klíčenia

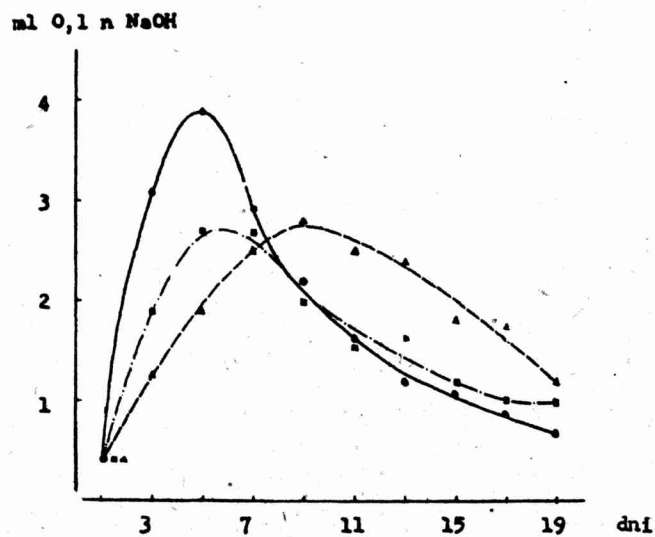


Graf 1.
Váha sušiny v mg.
— Nepohlavná forma,
--- Pohlavná forma
- · - · - Nepohlavná forma
Označenie je rovnaké vo všetkých grafoch.

askospór. I keď v danom časovom rozsahu nevytvorila pohlavná forma také množstvo sušiny ako forma nepohlavná, z priebehu krivky možno predpokladať, že v ďalších dňoch by množstvo sušiny ešte stúpalo. U nepohlavnej formy (č. 1) nastáva po 7 dňoch dosť veľký pokles množstva sušiny, hoci v kultúre nie sú zreteľné náznaky autolýzy.



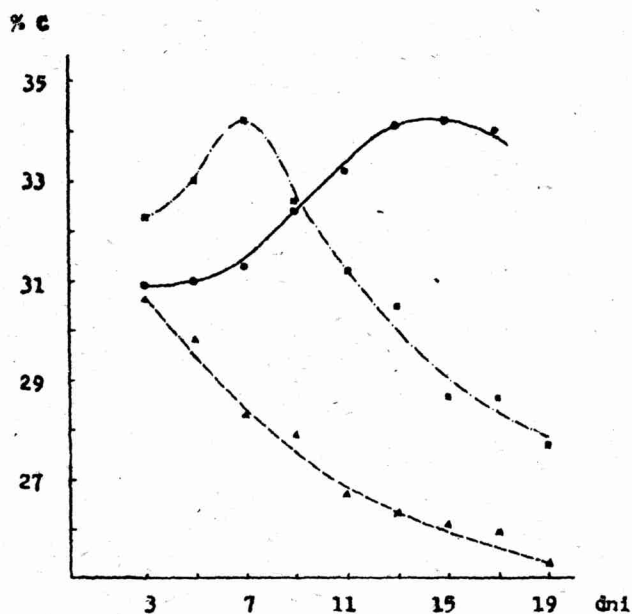
Graf 2.
Zmeny pH v priebehu kultivácie.



Graf 3.
Celkové množstvo naprodukováných kyselín v ml 0,1N NaOH na 25 ml kultivačného prostredia.

Po 13 dňoch sa však už množstvo sušiny nemení, a preto možno predpokladať, že pokles nezapríčinila vlastná autolýza, ale spotrebovanie zásobných látok, ktoré sa vytvorili v prvých dňoch kultivácie. Nastalo tak predýchavanie mycélia, a tým pokles množstva sušiny (2, 8, 17, 23).

Zmeny pH kultivačného prostredia zase ukazujú, že celkový charakter priebehu zmien je vo všetkých troch prípadoch celkom normálny (graf 2). Medzi pohlavnou a nepohlavnou formou (č. 1) nie sú prakticky žiadne rozdiely, ale u druhotnej nepohlavnej formy (č. 3) je pokles pH značne väčší a trvanlivejší. Nedá sa však povedať, či väčšie zníženie pH je zapríčinené väčším množstvom naprodukovaných kyselín



Graf 4.
% uhlíka v sušine.

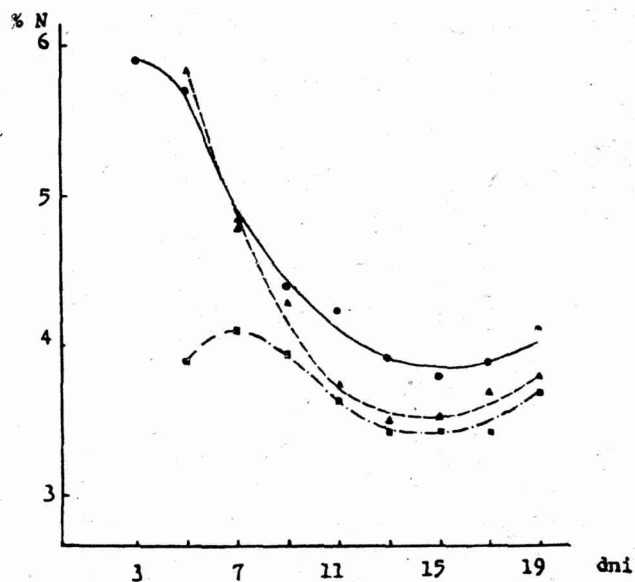
alebo produkciou kyselín s inou disociačnou konštantou. I zhoda priebehu zmien pH u formy č. 1 a 3 tiež ešte neznamená, že v oboch prípadoch ide o produkciu tých istých kyselín v rovnakom množstve.

Najväčšia produkcia kyselín je u nepohlavnej formy (č. 1) a jej maximum je pri maxime množstva sušiny. V ostatných dvoch prípadoch je množstvo kyselín rovnaké, maximum však nie je pri najväčšom množstve sušiny, ale v období najintenzívnejšieho rastu. Z grafu 3 okrem toho vidno, že i pri rovnakom priebehu zmien pH formy č. 1 a 2 je produkcia kyselín iná. Ak porovnáme graf 2 a 3, môžeme povedať, že druhotná nepohlavná forma (č. 3) produkuje kyseliny s väčšou disociáciou ako ostatné dve formy. Porovnanie produkcie kyselín formami č. 1 a 2 je trochu zložitejšie. V prvých deviatich dňoch nie je tento problém jednoznačný, ale v ďalších dňoch je produkcia kyselín s väčšou disociáciou u nepohlavnej formy č. 1 celkom jasná.

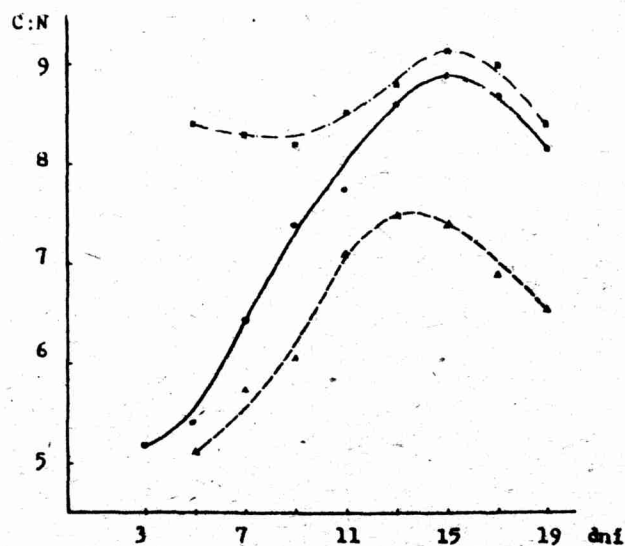
Z uvedených výsledkov vyplýva, že sledované formy sa okrem morfológických zmien a intenzity rastu líšia aj produkciou kyselín. Ktoré kyseliny a v akom poradí sú

produkované jednotlivými formami, som nezistovala. U všetkých foriem sa však zistila produkcia kyseliny citrónovej. Jej množstvo som nezistovala. No i tak zmeny pH a spotreby 0,1N NaOH ukazujú, že u jednotlivých foriem sú rozdiely nielen v množstve kyselín, ale aj v ich charaktere.

Možno tiež predpokladať, že rozdiely medzi jednotlivými formami budú aj v che-



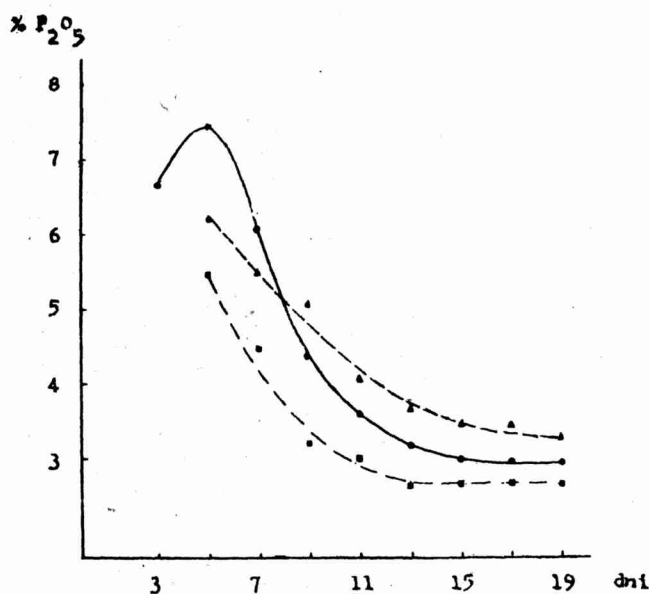
Graf 5.
% dusíka v sušine.



Graf 6.
Pomer C : N v sušine.

mickom zložení vlastného mycélia. Už samotný obsah uhlíka ukazuje na značné rozdiely medzi jednotlivými formami (graf 4), a to nielen v množstve, ale aj v zmenách v priebehu kultivácie. Veľmi charakteristický je najmä pokles u pohlavnej formy. Zvyšovanie obsahu uhlíka v sušine je len u nepohlavnej formy č. 1.

Všetky formy sa vyznačujú aj tým, že v nich klesá aj obsah dusíka, a to až do 15. dňa kultivácie. V posledných štyroch dňoch percentuálne zastúpenie N znova mierne stúpa v všetkých foriemi, teda aj u tých, kde sa už vlastný rast zastavil (formy č. 1 a 2), čo ukazuje graf 5.



Graf 7.
% P₂O₅ v sušine.

Pomerne značný pokles dusíka sa prejavuje aj v zhoršení pomeru C : N (graf 6). Súčasne so zvýšením percentuálneho obsahu N v posledných dňoch kultivácie zlepšuje sa aj pomer C : N. Rozdiely v pomere C : N u jednotlivých foriemi sú celkom jasné a najvýhodnejší pomer má pohlavná forma.

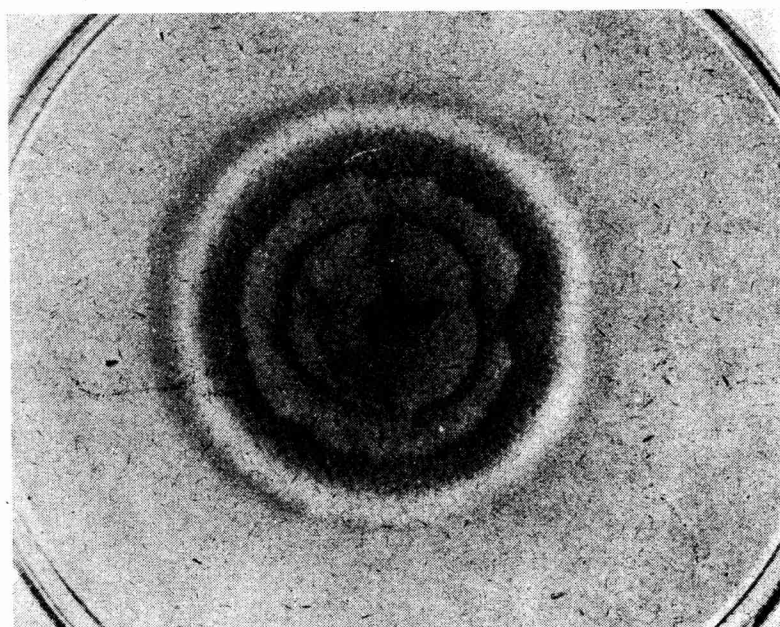
Podobný pokles ako pri dusíku je aj v zastúpení P₂O₅ (graf 7). Najvyšší obsah je v sušine pohlavnej formy.

Z chemických analýz mycélia jasne vidno, že v mladých kultúrach je predovšetkým vyšší obsah dusíka a fosforu a značne lepší pomer C : N. V mycéliu starších kultúr obsah N a P klesá a pomer C : N sa zhorší, a to až do 15. dňa kultivácie, teda do obdobia maxima vytvárania spór, či už pohlavných alebo nepohlavných. Pri sporulácii sa uvedené pomery znova zlepšia (najmä pomer C : N).

I keď som už uviedla, že na kultúrach neboli pozorovateľné náznaky autolýzy, sledovala som aj množstvo amoniaku v kultivačnom prostredí, pretože jeho prítomnosť môže byť zapríčinená najmä autolýzou (3, 8, 17). Ak nastáva v starších kultúrach autolýza, môže byť pokles dusíka ľahko zapríčinený práve autolýzou. Získané výsledky uvádzam v tabuľke 1.

Tabuľka 1
Množstvo dusíka v mg N/NH₃ v 25 ml kultivačného prostredia, uvoľneného autolýzou

Forma \ Dni	0	5	10	15	20
Nepohlavná č. 1	0,0	0,14	0,14	0,56	3,36
Pohlavná č. 2	0,0	0,14	0,14	0,14	0,14
Nepohlavná č. 3	0,0	0,14	0,21	2,33	2,47



Obr. 1.
 Nepohlavná forma č. 1.

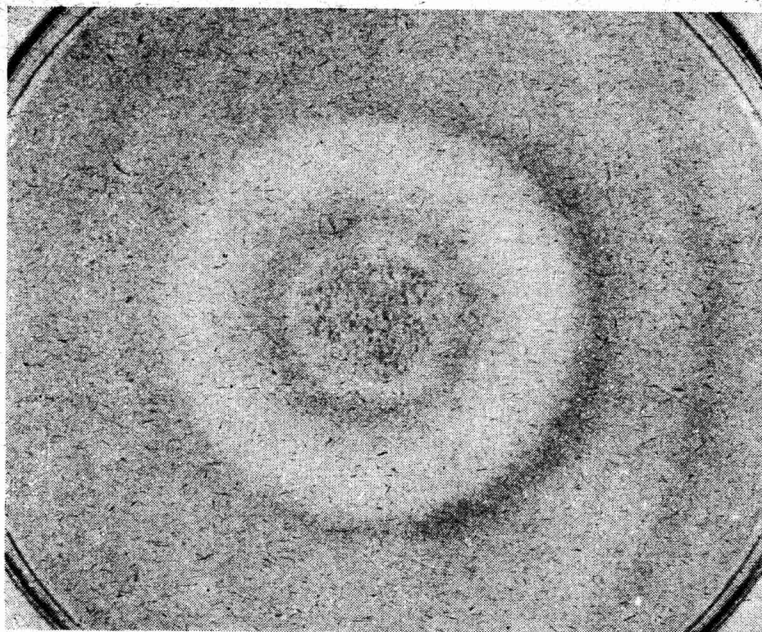
Ako vidieť z tabuľky, treba pripustiť pokles dusíka v sušine autolýzou. Okrem toho je tiež možné, že množstvo autolýzou uvoľneného dusíka je ešte väčšie, pretože časť mohla uniknúť, lebo po 15. dňoch je v kultivačnom prostredí pomerne vysoké pH. Je to najmä u foriem č. 1 a 2, kde je v kultivačnom prostredí podstatne menej N ako v kultivačnom prostredí formy č. 3 s nižším pH.

Všetky uvedené analýzy ukazujú, že medzi sledovanými formami sú pomerne značné fyziologické rozdiely.

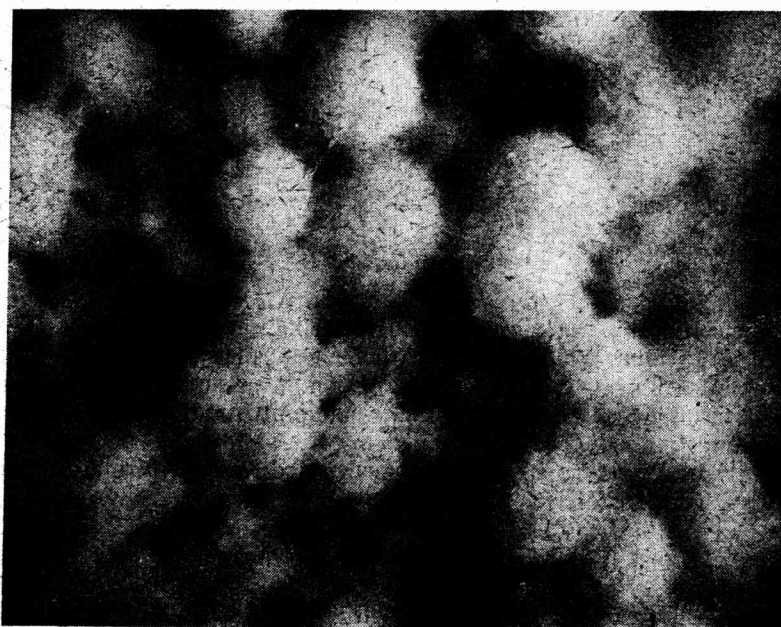
Diskusia

Pri zhodnotení výsledkov treba si všimnúť predovšetkým nepohlavnej formy č. 1 a formy pohlavnej, a to najmä s ohľadom na podmienky ich rozmnožovania.

Jedným z dôležitých faktorov pôsobiacich na pohlavné rozmnožovanie je pomer



Obr. 2.
Pohlavná forma č. 2



Obr. 3.
Nepohlavná forma č. 3.

C : N. Tak napr. na tvorbu peritécií *Neurospora crassa* pôsobí zvyšovanie množstva KNO_3 veľmi priaznivo (17). I keď som v tejto práci nesledovala pôsobenie zmien pomeru C : N na vlastné pohlavné rozmnožovanie, z grafu 6 jasne vyplýva, že nároky pohlavnej formy na dusíkatý zdroj sú pomerne veľké. Je síce pravda, že percentuálne zastúpenie dusíka v sušine pohlavnej formy je nižšie ako formy nepohlavnej, ale podstatne nižšie je aj zastúpenie uhlíka (graf 4 a 5). Pretože dusík je dôležitou zložkou bielkovín, jeho zvýšená spotreba pri pohlavnom rozmnožovaní je celkom pochopiteľná. V súvislosti s tým možno predpokladať, že u pohlavnej formy sú aj väčšie nároky na fosfor, čo ostatne dokazujú hodnoty uvedené na grafe 7.

Samotný pokles dusíka v prvých 15. dňoch kultivácie nemožno vysvetliť len autolýzou, ktorá nemôže zapríčiniť také veľké zmeny, ak nie je makroskopicky pozorovateľná. Relatívny pokles dusíka by bol celkom pochopiteľný vtedy, keby súčasne stúpalo množstvo uhlíka v mycéliu. Pohlavná forma sa však vyznačuje nielen poklesom množstva dusíka, ale aj uhlíka. Príčiny teda musia byť aj inde. Preto je možné, že značná časť váhy sušiny je minerálneho charakteru a množstvo týchto látok so starutím kultúry stúpa, čím sa pomerné zastúpenie C, N i P znižuje.

Vlastný pokles množstva dusíka v absolútnych hodnotách ukazuje, že zníženie je zapríčinené prakticky len autolýzou, čo si môžeme ľahko zistiť po prepočítaní N na absolútne hodnoty. V niektorých fázach rastu kultúry však nastávajú „straty“ dusíka, a to najmä v začiatkových fázach autolýzy – množstvo dusíka v mycéliu klesne, ale v kultivačnom prostredí sa patrične nezvýši. Je to zapríčinené vznikom rozličných medziproduktov autolýzy, v ktorých nemôžeme stanoviť dusík uvedenou metódou bez predchádzajúcej mineralizácie.

Podobne ako straty množstva dusíka, môžeme si vysvetliť aj pokles množstva fosforu.

Otázka poklesu uhlíka je zložitejšia, pretože množstvo C sa môže snižovať nielen pri autolýze, ale aj tým, že v priebehu rastu kultúry, najmä v neskorších fázach, sa spotrebúvajú rozličné rezervné látky, ktoré sa vytvorili v mladších kultúrach, čo dobre vidieť najmä u foriem č.1 a 3. V prvých fázach rastu dochádza k intenzívnej spotrebe uhlíka s tvorbou zásobných látok a po znížení obsahu C v kultivačnom prostredí sa zásobné látky využívajú ďalej, pričom časť uhlíka uniká vo forme CO_2 .

Celkove možno povedať, že v posledných dňoch kultivácie sa prakticky všetky hodnoty stabilizujú, a to tým skôr, čím je sporulácia jednotlivých foriem rýchlejšia.

Priebeh rastu všetkých troch foriem možno charakterizovať nasledovne:

V prvých dňoch je v mycéliu vysoký obsah dusíka a fosforu. Rast je veľmi intenzívny a okrem prírastku sušiny sa prejavuje prudkým poklesom pH a intenzívnou produkciou kyselín, ktoré sú medziproduktami, pretože v ďalších fázach rastu sa spotrebúvajú (3, 8, 15, 17). Veľmi charakteristickým znakom je aj nízky pomer C : N, čo je v mladých kultúrach celkom pochopiteľné, pretože pri intenzívnom raste je vysoká tvorba bielkovín, teda látok s nízkym pomerom C : N.

V ďalších fázach sa v mycéliu znižuje zastúpenie N a P a zhoršuje sa aj pomer C : N a súčasne sa znižuje prírastok množstva sušiny. Naprodukované kyseliny sa spotrebúvajú, čím sa pH znova zvyšuje.

V poslednej fáze sa množstvo sušiny nemení, alebo sa znižuje, množstvo uhlíka klesá a množstvo N a P sa stabilizuje. Pomer C : N sa zlepšuje. Zároveň časť mycélia autolýzuje. V tomto období je veľmi intenzívna sporulácia pohlavnej i nepohlavných foriem.

Spomenutý priebeh rastu je rámcovo jednaký u všetkých sledovaných foriem, v detailoch sú však medzi jednotlivými formami dosť veľké rozdiely.

Pohlavná forma sa vyznačuje pomerne nízkym obsahom uhlíka, vysokým obsahom fosforu a najmä podstatne priaznivejším pomerom C : N. Produkcia kyselín je menšia a ako ukazuje priebeh pH i produkcie kyselín, je veľmi pravdepodobné, že pohlavnou formou sa produkujú iné kyseliny ako nepohlavnou formou č. 1 i 3, i keď vo všetkých troch prípadoch je produkovaná aj kyselina citrónová. I keď podobné sledovania pohlavných a nepohlavných foriem nie sú k dispozícii, uvedené rozdiely nie sú prekvapujúce, ba naopak logické, pretože si musíme uvedomiť, že pre pohlavné a nepohlavné rozmnožovanie nižších húb sú obyčajne potrebné naprosto odlišné podmienky (5, 10, 12, 17), a preto musia byť rozdiely aj v metabolizme jednotlivých foriem.

Nepohlavná forma, ktorá druhotne vyrástla na forme pohlavnej, v niektorých znakoch sa približuje forme pohlavnej (charakter zmien obsahu uhlíka, približne rovnaký obsah N pri sporulácii), v iných nepohlavnej č. 1 (vysoký pomer C : N), alebo predstavuje medzi nimi akýsi prechod (množstvo sušiny, produkcia kyselín). Od oboch sa však značne líši v zmenách pH, a preto je isté, že i zhodný charakter produkcie kyselín je len zdanlivý.

Výsledky ukazujú, že získanie rozličných foriem určitého druhu, najmä s ohľadom na možnosť získania pohlavnej formy z formy nepohlavnej (3, 4, 7), dáva ďalšiu možnosť pri hľadaní kmeňov potrebných fyziologických vlastností tým, že sa pohlavná forma svojimi fyziologickými vlastnosťami podstatne líši od formy nepohlavnej.

Z dosiahnutých výsledkov možno tiež predpokladať, že medzi pohlavnou formou a nepohlavnou môže byť ešte celý rad ďalších rozdielov či už s ohľadom na metabolizmus uhlíka, dusíka, fosforu, prípadne iných prvkov.

Záver

V práci som sledovala na troch kmeňoch *Penicillium griseum* (Sopp) Thom tieto rozdiely:

Intenzita rastu, zmeny pH, celková produkcia kyselín, obsah C, N a P v sušine a pomer C : N.

Zo získaných výsledkov možno urobiť tieto závery:

1. Podstatné rozdiely sú najmä medzi pohlavnou formou a nepohlavnou formou č. 1.
2. Nepohlavná forma č. 3, ktorá vyrástla na pohlavnej forme, svojím charakterom sa približuje niekedy forme pohlavnej, inokedy nepohlavnej, alebo sa chová úplne odlišne.
3. Pohlavná forma sa vyznačuje predovšetkým pomalším rastom, nižším obsahom uhlíka, vyšším obsahom P a najmä lepším pomerom C : N.
4. Charakter zmien v priebehu rastu je u všetkých troch foriem približne rovnaký.
5. Konečná fáza rastu – sporulácia – sa vo všetkých prípadoch vyznačuje zlepšením pomeru C : N, stabilizáciou obsahu dusíka a fosforu.
6. Podľa zmien pH a celkovej produkcie kyselín možno predpokladať, že jednotlivé formy produkujú iné kyseliny.

Literatúra

1. Ainsworth G. C., Bisby G. R., 1954: A Dictionary of the Fungi. Comm. Myc. Inst., Kew, Surrey.
2. Bekker Z. E., 1963: Fiziologija gribov i ich praktičeskoje ispozovanije. Izd. Mosk. univ., Moskva.
3. Bernátová-Novotná V., 1956: Působení kapucínu na mikrobiologické poměry v půdě. Universitas Carolina, Biologica 2 (2) : 343—353.
4. Bernátová V., Dúbravská V., 1963: *Carpenteles griseus* (Sopp) comb. nov. Česká mykologie (v tlači).
5. Cejp K., 1957: Houby I. Nakl. ČSAV, Praha.
6. Cejp K., 1958: Houby II. Nakl. ČSAV, Praha.
7. Dúbravská V., 1963: Rast a rozmnožovanie *Carpenteles griseus*. Diplomová práca. Kat. antropologie a genetiky, Bratislava.
8. Foster J. W., 1949: Chemical Activities of Fungi. N. York (Ruský preklad: Chimičeskaja dejatel'nosť gribov. Izd. inostr. lit., Moskva 1950).
9. Foster J. W., 1951: Metabolism of Fungi. Ann. Review of Microbiology 5 : 101—120.
10. Frágnér P., 1949: On the Variability of *Penicillia*. Spisy Přírodověd. fak. Univ. Karlovy (190): 1—20.
11. Gilman J. C., 1957: A Manual of Soil Fungi. Ames, Iowa.
12. Gottlieb D., 1950: The Physiology of Spore Germination in Fungi. The Botanical Review 16 (5) : 229—257.
13. Chejfec D. N., 1960: Metody opredelenija fosfora v počve. Agrochimičeskije metody issledovanija počv, str. 74—114. Jzd. AN SSSR, Moskva.
14. Christensen J. J., Daly J. M., 1951: Adaptation in Fungi. Ann. Review of Microbiology 5 : 57—70.
15. Kasatkina I. D., 1952: K fiziologičeskoj charakteristike gladkich i skladčatych form *Penicillium chrysogenum*. Mikrobiologija 21 (5) : 548—554.
16. Kasatkina I. D., 1955: Ob izmenčivosti gribov iz roda *Penicillium*. Trudy in-ta mikrobiologii 4 : 26—53.
17. Lilly V., Barnett H., 1951: Physiology of the Fungi (Ruský preklad: Fiziologija gribov. Izd. inostr. lit., Moskva 1953).
18. Pelczar M. J., red., 1957: Manual of Microbiological Methods. McGraw—Hill Comp., New York.
19. Raper K. B., Thom Ch., 1949: A Manual of the *Penicillia*. Williams and Wilkins Comp., Baltimore.
20. Smith G., 1947: An Introduction to Industrial Mycology. Arnold Comp., London.
21. Stárka J., 1959: Fysiologie a biochemie mikrobů. SPN, Praha.
22. Thom Ch., 1930: The *Penicillia*. Baillière, Tindall Comp., London.
23. Werkman C. H., Wilson P. W., 1951: Bacterial Physiology. (Ruský preklad: Fiziologija bakterij. Izd. inostr. lit., Moskva 1954).

Tato práca je časťou mojej diplomovej práce, ktorú viedol Dr. Jozef Bernát.

Do redakcie dodané 24. VI. 1963

Adresa autorky:
Viola Dúbravská
 Katedra antropologie
 a genetiky U. K.
 Americké nám. 12,
 Bratislava

Характеристика сексуальной и асексуальной формы *Penicillium griseum* (Sopp) Thom

В. Дубравска

В работе изучался физиологический характер 3 форм.

Penicillium griseum (Sopp) Thom:

1. Асексуальная форма № 1.

2. Сексуальная форма № 2.

3. Асексуальная форма № 3, которая вырастила на поверхности сексуальной формы.

В работе исследовалось: А. рост грибницы — рис. 1, Б. pH — рис. 2, В. общая продукция органических кислот — рис. 3, Г. количество углерода — рис. 4, азота — рис. 5 и фосфорной кислоты — рис. 7 в сухой грибнице, Д. соотношение C : N — рис. 6.

Результаты показывают, что между сексуальной и асексуальной формой великие различия:

1. Рост асексуальной формы медленный, количество углерода более низкое, фосфорной кислоты выше и соотношение C : N более благоприятное.

2. В старых культурах всех форм соотношение C : N понизилось и количество азота и фосфорной кислоты стабилизировалось.

3. Из характера изменений pH и продукции органических кислот возможно предполагать, что отдельные формы *Penicillium griseum* образуют различные кислоты.

Characterisation of Sexual and Asexual Forms of the *Penicillium griseum* (Sopp) Thom

V. Dúbravská

In this work I investigated the physiological character 3 forms of *Penicillium griseum* (Sopp) Thom:

1. Asexual form No. 1.

2. Sexual form No. 2.

3. Asexual form No. 3, he was grown secondary on the surface of sexual form.

In work was studied: a) Growth of mycelium — Gr. 1, b) pH — Gr. 2, c) total production of organic acids — Gr. 3, d) quantity of carbon — Gr. 4, nitrogen — Gr. 5 and phosphoric acid — Gr. 7 in dried mycelium, e) relation C/N — Gr. 6.

The results demonstrated, that between sexual and asexual form No. 1 are large physiological differences:

1. Growth of sexual form is slower than of asexual form, quantity of carbon is smaller, phosphoric acid higher and relation C/N is better.

2. In the old cultures all forms is better relation C/N and quantity of nitrogen and phosphoric acid is stabilized.

3. In accordance with pH changes and total production of organic acids I suppose, that individual forms of *Penicillium griseum* may produce different acids.

Mikrobiologické pomery v presvetlených porastoch

J. BERNÁT

Úvod a prehľad literatúry

V práci sa rieši vplyv presvetlenia smrekového porastu na zmeny mikrobiálnych procesov a niektorých skupín mikroorganizmov. V podstate však ide o mikrobiálnu charakteristiku podzolového obdobia jednotného pôdotvorného procesu a jeho prechod do obdobia mačinového, čo má význam najmä pre pochopenie pôdotvorného procesu, a tým aj samotnej úrodnosti pôdy.

Štúdium lesných pôd dovoľuje sledovať pôsobenie zmeny určitého pôdotvorného faktoru, napr. rastlínstva na charakter a intenzitu mikrobiálnych procesov pomerne veľmi dlho. Je pravda, že zmena určitého pôdotvorného faktoru pôsobí na mikroorganizmy nielen priamo, ale aj nepriamo prostredníctvom ostatných pôdotvorných faktorov, napr. teploty, vlhkosti a podobne, ale i tak je štúdium v lesných pôdach podstatne výhodnejšie ako v pôdach poľnohospodárskych, kde sa prvotne mení viac pôdotvorných faktorov súčasne alebo len vo veľmi krátkych časových intervaloch.

Práca nadväzuje na práce Seiferta (61 až 69), ktoré sa zaoberajú mikrobiologickými pomermi v lesných pôdach a bezprostredne na prácu Bernáta a Novotnej (13), ktorá tiež rieši otázku presvetlenia smrekového porastu. Už táto práca, podobne ako práca Seiferta (67) ukázala, že štúdium mikrobiologických pomerov v presvetlenom poraste dáva veľkú možnosť pre štúdium samotného pôdotvorného procesu a charakteristiku jednotlivých fáz mačinového obdobia jednotného pôdotvorného procesu.

Celá práca vychádza z Viľjamsovej teórie jednotného pôdotvorného procesu (77) a ako hodnotiace kritérium dvoch základných, zdanlivo protichodných procesov — humifikácie a mineralizácie — použil som Lazarevovu teóriu bioorganominerálneho komplexu (37, 38, 64).

V nepresvetlenom smrekovom poraste, kde v zmysle Viľjamsovej teórie prebieha podzolové obdobie jednotného pôdotvorného procesu je teda možnosť dobre preštudovať jednotlivé mikrobiálne procesy a zastúpenie mikroorganizmov v tomto období. Ak sa porast presvetlí, dochádza v určitej miere k zmene rastlínstva, teda k zmene najdôležitejšieho pôdotvorného faktoru, čo sa bezpochyby musí prejaviť aj v priebehu mikrobiálnych procesov a v zastúpení mikroorganizmov. Po presvetlení sa totiž v poraste objavujú niektoré byliny, prípadne trávy a kry. Do akej miery sa vyskytujú to závisí od stupňa presvetlenia, a preto pre lepšie pochopenie procesov treba preštudovať viac stupňov presvetlenia.

Odumieraním bylín a tráv sa dostávajú do pôdy rastlinné zvyšky iného chemického

zloženia, čo zapríčiní zmeny v zložení mikroorganizmov, v charaktere a intenzite mikrobiálnych procesov, a tým v celkových vlastnostiach pôdy. Že byliny a trávy zapríčiňujú celý rad mikrobiálnych zmien ukazuje mnoho prác, z ktorých treba spomenúť aspoň práce Seiferta (65, 67, 68 a i.), Fraňa (20), Kozderkovej (35), Mišustina (45), Mustafovej (48), Puškinskej (55), Razumovskej (57), Korneva (32), Fedčenko (19) a Lazareva (37). Pre správne chápanie týchto zmien si treba uvedomiť, že objavením sa bylín a tráv v presvetlenom poraste prestáva podzolové obdobie pôdotvorného procesu prebiehať v jeho klasickej forme a začína sa uplatňovať obdobie mačínové, a to jeho lúčne štádium so všetkými fázami. V takýchto podmienkach máme teda veľmi dobrú možnosť zistiť, aké zmeny nastávajú v mikrobiálnom charaktere pôdy v jednotlivých fázach prechodu podzolového obdobia na obdobie mačínové.

Z mnohých doterajších prác vidíme, že tento prechod sa prejaví tak v množstve a zastúpení jednotlivých fyziologických skupín mikroorganizmov (1, 42, 43, 44, 45, 20, 9 a i.), ako aj v intenzite mikrobiálnych procesov (48, 57, 60, 62, 69, 72), charaktere humusu (5, 6, 15, 19, 28, 30), a tým v celkovom charaktere pôdy, čo vidieť najmä na množstve humusu v pôde, množstve dusíka i na pomere C : N (17, 19, 75).

Ak si všimame zastúpenie mikroorganizmov, vidíme, že pri prechode podzolového obdobia do obdobia mačínového sa v značnej miere mení nielen celkové množstvo mikroorganizmov, ale aj jednotlivých systematických a fyziologických skupín. Značné rozdiely sú najmä v zastúpení nižších húb (1, 7, 55), sporulujúcich amonizátorov (1, 42, 53, 46) i v zastúpení aeróbných rozkladačov celulózy (20, 61, 63, 64).

Veľmi jasné rozdiely sú aj v intenzite nitrifikácie (20, 48, 62, 67, 68), ktorá je jedným zo základných ukazovateľov pôdnej úrodnosti. Značné rozdiely sú aj v intenzite rozkladu celulózy (20, 57, 61, 63).

Z prác Kononovej (28, 29, 30, 31) a Beľčikovej (5, 6) tiež vieme, že jednotlivé pôdne typy sa vyznačujú určitým charakterom humusu. To znamená, že i v prípade presvetlenia porastu a nástupu mačínového obdobia pôdotvorného procesu musia v charaktere humusových látok nastať také zmeny, ktoré nám ukazujú na prechod medzi podzolovými pôdami a pôdami, ktoré vznikajú v lúčnom štádiu mačínového obdobia.

Ako vidieť z tohto stručného prehľadu, pôdne mikrobiologické práce sa zameriavajú okrem štúdia celkového počtu mikroorganizmov a jednotlivých fyziologických skupín na také procesy, ktoré súvisia najmä s premenami uhlíka a dusíka. Veľmi zriedkavo sa v mikrobiologických prácach stretávame s problematikou premeny fosforu, hoci jeho význam pre pôdne vlastnosti je pomerne veľký, najmä ak si uvedomíme, že i pri jeho pomerne vysokom obsahu v pôde trpia rastliny častokrát jeho nedostatkom. Je to zapríčinené tým, že väčšina fosforu v pôde je v takých zlúčeninách, ktoré sa vo vode nerozpúšťajú. A navyše, i vo vode rozpustné zlúčeniny, ktoré sa dostanú do pôdy, prechádzajú na zlúčeniny nerozpustné.

Údajov o formách fosforu v pôde, ich chovaní a dostupnosti rastlinám je veľké množstvo (3, 16, 25, 34, 36, 53, 58, 70), ale len veľmi málo vieme o význame mikroorganizmov pri premene nerozpustných minerálnych foriem na rozpustné (21, 71, 76, 78) a ešte menej o mineralizácii organických zlúčenín fosforu (40, 41, 49, 59). Ak si uvedomíme, že pomerne veľké množstvo fosforu sa nachádza v organických formách, najmä v nukleových kyselinách, ukazuje sa potreba sledovania ich mineralizácie veľmi naliehavou. Bez znalostí mineralizácie organických zlúčenín fosforu nemôžeme v dostatočnej miere posúdiť celkový charakter mineralizácie v pôde, a tým aj priebeh

pôdotvorného procesu a vlastnú pôdnu úrodnosť. Sledovala sa preto aj mineralizácia organických zlúčenín fosforu.

Aplikácia spomenutých možností sledovania pri presvetlení porastu na teóriu jednotného pôdotvorného procesu, ktorá je Viľjamsom daná len rámcovo, dáva možnosť presnejšie charakterizovať pôdotvorný proces, a to až v jednotlivých fázach, čo je pre celkovú charakteristiku pôd potrebné.

Materiál a metódy

V práci som sledoval nasledujúce štyri pôdy:

1. Hlinitopiesočnatá stredne podzolová pôda z nepresvetleného smrekového (*Picea excelsa*/Lam./Link) porastu, zakmenenie 1,0. Na celom povrchu pôdy je silná vrstva nerozloženej hrabanky. Porast bez akýchkoľvek bylín, asi 60-ročný.

2. Hlinitopiesočnatá pôda presvetleného smrekového porastu. Presvetlenie sa urobilo roku 1949 na zakmenenie 0,8. Hrabanka sa veľmi dobre rozkladá. Bylinný podrast: *Oxalis acetosella* L. a *Asperula odorata* L. pokrýva prakticky celý povrch pôdy.

3. Hlinitopiesočnatá pôda zo smrekového porastu presvetleného roku 1949 na 0,6. Hrabanka sa veľmi dobre rozkladá. Podrast: *Asarum europeum* L., *Asperula odorata* L., *Ranunculus acer* L., *Dentaria bulbifera* L., *Alliaria officinalis* Andr., *Fragaria viridis* Duch., *Trifolium repens* L., *Geranium robertianum* L., *Myosotis silvatica* (Ehrh.) Hofm., *Lamium maculatum* L., *Poa memorialis* L., *Melica nutans* L. kryje celý povrch pôdy.

4. Hlinitopiesočnatá pôda z pastviny, ktorá vznikla vyrúbaním časti porastu 1 roku 1935. Kry: *Corylus avellana* L., *Crataegus oxyacantha* L., *Rubus* sp., *Rubus idaeus* L., *Grossularia uva-crispa* (L.) Mill. a jednotlivito je vtrúsený hrab (*Carpinus betulus* L.) krovitého charakteru, čo je zapríčinené ohryzávaním pri pastve. Ďalej je tu: *Ranunculus acer* L., *Thlaspi* sp., *Turritis glabra* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Lotus corniculatus* L., *Astragalus glycyphyllos* L., *Pimpinella saxifraga* L., *Menta arvensis* L., *Galium cruciatum* (L.) Scop., *Leontodon* sp., *Brachypodium pinnatum* (L.), *Poa pratensis* L., *Poa trivialis* L., *Avena stramonium* sp. a *Phleum pratense* L.

Podzolizácia pôd č. 2 a 3 sa znižuje a pôda č. 4 sa už svojím charakterom približuje stredoeurópskej hnedozemi.

Všetky sledované pôdy sú v tesnej blízkosti a nachádzajú sa v juhozápadnom výbežku Štiavnických hôr, kataster obce Uhliská, okr. Levice, Správa lesného hospodárstva Bohunice, okr. Levice. Nadmorská výška 620 m, podklad andezit, expozícia juhozápad. Priemerná ročná teplota 7,6 °C, priemerná teplota v júni 15,2 °C, priemerná teplota vo vegetačnom období 13,3 °C. Priemerné ročné množstvo zrážok 820 mm, priemer zrážok v júni 80 mm, priemer zrážok vo vegetačnom období 450 mm.

Pretože nešlo o charakter mikrobiálnych procesov a ich zmeny v priebehu vegetačného obdobia, prípadne v kratších časových intervaloch, odoberal som pôdne vzorky len raz do roka (dovedna 5 rokov), a to v období jarného maxima väčšiny mikrobiálnych procesov – začiatkom júna. Vzorky sa podľa možnosti odoberali vtedy, keď sa pôdna vlhkosť pohybovala okolo 20 váhových percent. Vzorky sa odoberali v každom poraste na 25 miestach len z humusového horizontu a dokonale sa homogenizovali.

Zo strednej vzorky preosiatej cez sito s otvormi 2 mm sa ihneď po prenesení do laboratória urobili stanovenia počtu všetkých sledovaných skupín mikroorganizmov

a nasadili sa pokusy na sledovanie mikrobiálnych procesov, pretože je známe, že vysušenie pôdy pôsobí na zmeny jej vlastností (26). I niektoré chemické analýzy sa urobili hneď (obsah nitrátov, amoniaku, minerálneho fosforu a pH). Ďalšie analýzy sa robili z na vzduchu vyschnutej zeminy.

Všetky analýzy boli súčasne urobené 7-krát. Uvádzané výsledky sú však priemerom len 5 hodnôt — minimálna a maximálna hodnota sa neuvažovala.

V pôdach sa urobili tieto sledovania: koncentrácia vodíkových iónov — vo vodnom výluhu sklenou elektródou podľa medzinárodnej dohody (27).

Celkové množstvo uhlíka a dusíka v pôde i v humínových kyselinách sa stanovilo elementárne, podobne aj vodík humínových kyselín. Kyslík humínových kyselín sa nestanovoval, ale sa vypočítal z rozdielu.

Celkové množstvo P_2O_5 stanovené podľa Lebedjanceva, množstvo minerálneho P_2O_5 podľa Chejfece, vo vode rozpustný P_2O_5 podľa Truoga. Vlastná kolorimetria urobená podľa Truoga (2).

Dusičnany sa stanovovali kolorimetricky kyselinou fenoldisulfónovou, amoniak destilačne vo výluhu 10 % roztoku KCl (2).

Celkové množstvo rozličných skupín mikroorganizmov sa stanovovalo zriedovacou metódou, a to:

Celkové množstvo amonizačných baktérií na zmesi mäsopeptónového agaru a sladinky v pomere 1 : 1. Celkové množstvo amonizačných bacilov na tom istom prostredí po 15 min. pasteurizácii suspenzie pri 80 °C. Na tomto prostredí sa bacily aj určovali. Aktinomycéty stanovené na neutrálnom Czapkovi. Nižšie huby na sladinkovom agare, aeróbne rozkladače celulózy podľa Puškinskej (56), mikroorganizmy rozkladajúce organické zlúčeniny podľa Menkiny (40).

Všetky skupiny mikroorganizmov boli kultivované pri teplote 26 °C.

Biologická aktivita stanovená titračne (14) každých 24 hodín v priebehu 7 dní. Aeróbny rozklad celulózy stanovený makroskopicky (27). Amonizácia, nitrifikácia a lupínový test zisťované po 14-dňovej inkubácii stanovením amoniaku, resp. dusičnanov. Mineralizácia organických zlúčenín fosforu stanovená podľa Bernáta (11, 12).

Pri stanovení biologickej aktivity, aeróbného rozkladu celulózy, amonizácie, nitrifikácie, lupínového testu a mineralizácie organických zlúčenín fosforu sa používalo 50 g zeminy, ktorá sa navlhčovala na 60 % plnej vodnej kapacity a inkubovala pri 26 °C. Vlhkosť zeminy sa každý druhý deň kontrolovala vázkovo a upravovala na potrebnú hodnotu. Výluhy sa robili desaťnásobným množstvom rozpúšťadla.

Zloženie humusových látok sa určovalo podľa Ťjurina (75). V práci sa však neuádza celé frakciové zloženie, ale len najpotrebnejšie údaje, ako napr. pomer $C_H : C_F$, ktorý je pre pôdy veľmi charakteristický (28, 6). Koagulácia Na-humátov a absorpcia svetla rozličnej vlnovej dĺžky sa urobila podľa Belčikovej (5, 6).

Zastúpenie jednotlivých skupín, rodov, prípadne druhov mikroorganizmov je priemerom všetkých sledovaní v rokoch 1956 až 1960.

Experimentálna časť

Všeobecná charakteristika pôd

V lesných pôdach sa stretávame v podstate s dvoma obdobiami jednotného pôdovotvorného procesu — s obdobím podzolovým a mačínovým. Podzolové obdobie prebieha obyčajne v lesných porastoch bez bylinného podrastu, najviac v porastoch smrekových. Mačínové obdobie je viazané na prítomnosť bylín a tráv v podraсте.

Podzolové obdobie pôdotvorného procesu sa vyznačuje tým, že povrchové vrstvy pôdneho profilu sa ochudobňujú o organické a minerálne látky, ktoré sa vyplavujú do spodnejších vrstiev pôdy, kde sa nahromaďujú. Vrchná vrstva pôdy sa tak stáva neúrodnou.

Priebeh podzolového procesu závisí od celého radu príčin. Predovšetkým je to neprítomnosť bylín v podraze a dostatočné množstvo zrážok.

Pri rozklade zvyškov drevín vznikajú činnosťou mikroorganizmov, najmä nižších húb, ktoré sú v týchto pôdach značne rozšírené, látky kyslej povahy typu fulvokyselín, prípadne niektoré iné organické kyseliny. Nižšími hubami naprodukované kyseliny rozpúšťajú mnohé minerálne látky, ktoré potom gravitačná voda vyplavuje do spodnejších vrstiev spolu s organickými kyselinami. Vyplavuje sa predovšetkým Ca, Mg, Mn, Fe a Al. Okrem nich, s ohľadom na vysoké množstvo zrážok, vyplavujú sa aj iné ľahkorozpustné zlúčeniny, čím sa pôdne vlastnosti značne zhoršujú. Zhoršenie pôdných vlastností nastáva však aj tým, že v podzolovom období sa nevytvárajú trvanlivé štruktúrne agregáty, ba naopak, ak bola pôda pred nástupom podzolového obdobia štruktúrna, pri podzolizácii sa štruktúrne častice rozpadávajú. Tým sa zároveň mení vodný a vzdušný režim, čo sa zase ďalej prejavuje na vlastnostiach pôdy.

Mačínové obdobie jednotného pôdotvorného procesu sa vyznačuje takými procesmi, ktoré sú opačného charakteru ako pri podzolizácii. To znamená, že v povrchových vrstvách pôdy sa nahromaďujú organické látky – predovšetkým humusovej povahy – i látky minerálne. Súčasne s nahromaďovaním humusových a minerálnych látok sa zlepšuje aj pôdna štruktúra, čo má veľký význam pre priebeh mnohých mikrobiálnych procesov. Všeobecne možno povedať, že v mačínovom období – pri porovnaní s podzolovým – sa pôdne vlastnosti podstatne zlepšujú.

Lúčne štádium mačínového obdobia, ktoré je pre naše podmienky najcharakteristickejšie, prebieha v najčistejšej forme v lúčnych porastoch. Nástup jeho jednotlivých fáz: výbežkatých, riedkotrsnatých a hustotrsnatých tráv sa začína už pri presvetlení lesných porastov, či už prirodzenou cestou, alebo umelým zásahom. Ktorá fáza v danom časovom úseku prebieha, to závisí od stupňa presvetlenia. Treba však pripomenúť, že jednotlivé fázy obyčajne neprebiehajú v čistej forme, ale sa navzájom prekrývajú.

Pri presvetlení porastu sa umožňuje existencia rozličným bylinám a trávam, ktoré môžeme zaradiť do niektorej zo spomenutých fáz. Tým sa však zároveň mení aj chemické zloženie rastlinných zvyškov, ktoré sa dostávajú do pôdy. Preto je celkom pochopiteľné, že sa súčasne mení aj množstvo mikroorganizmov, zastúpenie fyziologických skupín i intenzita rozličných mikrobiálnych procesov (1, 7, 9, 13, 19, 20, 48, 57). Práce Seiferta ukazujú, že jednotlivé fázy sa vyznačujú určitou intenzitou mikrobiálnych procesov. Najvýraznejšou je zmena intenzity nitrifikácie (66, 67, 68).

Ak si uvedomíme, že pre existenciu lesa nie je výhodný ani čistý podzolizačný proces ani fáza hustotrsnatých tráv lúčneho štádia mačínového obdobia, ukazuje sa potreba zistiť, do akej miery treba presvetliť porast, aby v pôde neprebíhal čistý podzolový proces, ale aby sa neuplatňovala ani fáza hustotrsnatých tráv. V takých podmienkach sa pôdne vlastnosti nebudú zhoršovať, ale ani nedôjde k tomu, aby veľký rozvoj tráv ohrozil samotnú existenciu lesa.

Z týchto dôvodov treba sledovať niekoľko stupňov presvetlenia, lebo tak nám najlepšie vyniknú zmeny vlastností pôdy.

I keď si všimame len takých bežných údajov, ako je obsah uhlíka, dusíka, fosforu a pH, vidíme, že v jednotlivých stupňoch presvetlenia sú dosť zreteľné rozdiely, ktoré ešte viac vyniknú vtedy, ak ich porovnáваме s nepresvetleným porastom.

Tabuľka 1
Všeobecná charakteristika sledovaných pôd

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
pH	1	5,2	5,3	5,2	5,1	5,2
	2	5,4	5,4	5,5	5,3	5,4
	3	5,6	5,7	5,5	5,6	5,6
	4	6,0	6,1	5,9	6,0	6,1
Plná vodná kapacita	1	90,4	88,6	89,5	92,2	89,2
	2	73,1	74,2	72,8	73,6	73,8
	3	82,2	84,4	78,8	80,6	82,8
	4	73,4	68,8	70,4	72,4	73,0
Celkové množstvo C v %	1	3,96	3,88	3,92	3,98	3,84
	2	4,45	4,62	4,68	4,76	4,72
	3	4,80	4,72	4,76	4,68	4,70
	4	3,90	3,95	3,84	3,94	3,92
Celkové množstvo N v %	1	0,262	0,255	0,261	0,267	0,256
	2	0,327	0,344	0,345	0,363	0,368
	3	0,452	0,441	0,452	0,440	0,443
	4	0,378	0,387	0,368	0,382	0,384
C : N	1	15,1	15,2	15,0	14,9	15,0
	2	13,6	13,5	13,5	13,1	12,8
	3	10,6	10,7	10,5	10,6	10,6
	4	10,3	10,2	10,4	10,3	10,2
Celkové množstvo P ₂ O ₅ v %	1	0,205	0,198	0,200	0,186	0,172
	2	0,230	0,238	0,236	0,246	0,252
	3	0,276	0,272	0,284	0,296	0,292
	4	0,286	0,284	0,278	0,282	0,284

Z tabuľky 1 vidíme, že v nepresvetlenom poraste je najnižšie pH. V pôde č. 4, ktorú môžeme zaradiť do fázy hustotrsnatých tráv, je hodnota pH prakticky už taká vysoká ako v okolitých lúčnych porastoch, kde sa pohybuje v hraniciach 6,0 až 6,3. Ostatné dve pôdy, ktoré patria do fázy výbežkatých (pôda č. 2) a riedkotrsnatých tráv (pôda č. 3), líšia sa od oboch predchádzajúcich, čo je vcelku normálne.

Vlastné zvyšovanie pH môže byť zapríčinené dvoma hlavnými faktormi. Predovšetkým tu má veľký význam vlastný opad, ktorý nie je v presvetlených porastoch takého kyslého charakteru ako v čistej monokultúre. To sa prejavuje jednak priamo, jednak nepriamo tým, že jeho rozklad uskutočňujú iné mikroorganizmy, ktorých činnosťou nevznikajú také kyslé produkty ako v nepresvetlenom poraste. Menej dôležitou je aj okolnosť, že v presvetlených porastoch dochádza k nahromadeniu nielen humusových látok, ale aj látok minerálnych, spomedzi ktorých mnohé môžu zapríčiniť zvyšovanie pH. Že k nahromadeniu opravdu dochádza, to dokazuje aj celkové množstvo uhlíka, dusíka a fosforu. Tu je však zaujímavé, že v pôde č. 4 je množstvo uhlíka a dusíka menšie ako v pôde č. 3. Túto okolnosť možno čiastočne vysvetliť tým, že v pôde č. 4 sa nadzemné časti rastlín len veľmi ťažko dostávajú do

Tabuľka 2
Množstvo minerálnych foriem P a N

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Celkové množstvo minerálneho P_2O_5 v % k pôde	1	0,076	0,072	0,074	0,076	0,078
	2	0,096	0,098	0,098	0,102	0,106
	3	0,143	0,144	0,138	0,132	0,122
	4	0,109	0,108	0,106	0,102	0,106
% min. P_2O_5 z celkového množstva P_2O_5	1	37,3	36,5	37,2	41,0	45,2
	2	41,4	41,2	41,6	41,4	42,2
	3	51,8	53,0	48,8	46,7	45,2
	4	38,1	37,9	36,9	36,2	37,4
mg P_2O_5 rozp. vo vode v 1 kg pôdy	1	4,12	3,86	3,68	2,12	3,24
	2	5,08	5,26	4,82	3,26	4,76
	3	3,26	3,42	2,86	1,84	3,76
	4	3,44	3,04	3,42	3,26	3,06
mg N/ NO_3 v 1 kg pôdy	1	0,40	0,32	0,36	0,00	0,35
	2	1,00	0,98	1,02	0,48	0,98
	3	2,30	1,62	1,84	0,63	2,06
	4	0,26	0,18	0,16	0,10	0,24
mg N/ NH_3 v 1 kg pôdy	1	8,00	12,00	10,08	4,20	12,60
	2	11,40	14,20	14,80	13,80	16,40
	3	12,20	14,20	14,00	8,60	12,60
	4	15,00	16,20	14,80	12,60	14,20
% minerál. N z celkového množstva N	1	0,32	0,48	0,39	0,15	0,50
	2	0,37	0,44	0,46	0,39	0,47
	3	0,34	0,36	0,35	0,21	0,37
	4	0,40	0,42	0,40	0,33	0,38

pôdy, takže v dlhšom časovom období môže dôjsť k poklesu C i N. Treba si všimnúť aj to, že zatiaľ čo v pôdach č. 1 a 4 (najmä v pôde č. 4) sa množstvo uhlíka a dusíka nemení v podstatnejšej miere ani v priebehu piatich rokov, v pôde č. 2 sa zreteľne zvyšuje a v pôde č. 3 začína klesať. Podľa obsahu C a N sa môžeme domnievať, že pôda č. 3 sa postupne približuje pôde č. 4.

Už tieto výsledky čiastočne ukazujú, že presvetlením porastu sa priebeh podzoli-
zácie obmedzí a uplatní sa mačínový proces. Pôda sa teda vo vývojovom zmysle zlepšuje. Že to tak skutočne je, veľmi dobre dokazuje pomer C : N. Zo značného množstva prác totiž vieme, že so stupňom vývoja pôdy sa pomer C : N zlepšuje (5, 6, 9, 10, 17, 28, 29, 30, 75). I pri pomere C : N si musíme všimnúť, že v pôde č. 2 sa pomer v priebehu piatich rokov zlepšuje a pôda č. 3 má hodnoty blízke pôde č. 4.

Celkové množstvo P_2O_5 nám veľmi jasne ukazuje, aká dôležitá je prítomnosť bylín a tráv pre nahromaďovanie prvkov do povrchovej vrstvy pôdy. Pretože pri fosfore môžeme úplne vylúčiť nejaké podobné procesy, aké sú pri nahromaďovaní dusíka rozličnými fixátormi elementárneho dusíka, je možno s istotou tvrdiť, že nahromadenie v povrchovej vrstve je zapríčinené transportom fosforu zo spodnejších

pôdnych horizontov rozličnými bylinami a trávami. Po ich odumretí ostáva fosfor v povrchovej vrstve, a tak sa vytvárajú lepšie podmienky pre potenciálnu výživu rastlín fosforom.

Samotné zvýšenie C, N, P, zlepšenie pH a pomeru C : N však ešte nemusí znamenať momentálne zlepšenie výživy rastlín, ale nám hovorí len o vyššom stupni vývoja pôdy. Potenciálne možnosti výživy sa však zvyšujú a je len otázkou vhodného zásahu, ako ich premeniť na aktuálne.

O aktuálnych možnostiach výživy nám môže viac povedať obsah niektorých dôležitých prvkov v minerálnej forme. Týka sa to predovšetkým dusíka a fosforu. Tabuľka 2 ukazuje, že v pôdach s jednotlivými fázami lúčneho štádia mačínového obdobia je celkové množstvo minerálneho fosforu oveľa vyššie, a to najviac v pôde č. 3. Zvyšuje sa však nielen jeho celkové množstvo, ale aj percentuálny podiel z celkového množstva fosforu. Znamená to teda, že možnosti výživy drevín fosforom sa zlepšujú. Menšie množstvo minerálneho fosforu v pôde č. 4 i pri najvyššom obsahu celkového fosforu je celkom pochopiteľné, pretože v tejto pôde môžeme predpokladať značne nižšiu intenzitu mineralizačných procesov pre zhoršenú aeráciu pôdy.

Samotné zvýšenie obsahu minerálneho fosforu však ešte tiež nemusí znamenať zlepšenie výživy fosforom, pretože fosfor sa môže nachádzať v ťažko dostupných minerálnych formách (3, 16, 25, 36, 52, 71). Pretože najdostupnejšie sú formy rozpustné vo vode, môže nám ich obsah niečo povedať o výžive rastlín. Výsledky ukazujú, že najvyšší obsah vo vode rozpustných zlúčenín fosforu je v pôde č. 2. V pôdach č. 3 a 4 je jeho obsah dokonca menší ako v kontrolnom nepresvetlenom poraste. Čiastočne to môže byť zapríčinené aj vyšším pH, ktoré má pre rozpustnosť a dostupnosť fosforu veľmi veľký význam (16, 34, 36, 54). Nižší obsah vo vode rozpustného fosforu nemusí znamenať zhoršenú výživu, pretože rastliny a mikroorganizmy môžu fosfor uvoľňovať z ťažkorozpustných zlúčenín produkciou kyslíčnika uhličitého a rozličných kyselín, prípadne aj iným spôsobom (21, 41, 54, 71, 73, 76, 78).

V presvetlených porastoch sa zvýšil aj obsah dusičnanov, a to najviac v pôde č. 3, zatiaľ čo množstvo amoniaku je najvyššie v pôde č. 4. Ak sa však podívame na ich percentuálne množstvo z celkového dusíka, nie sú medzi pôdami podstatnejšie rozdiely. I tak však podľa obsahu dusičnanov a amoniaku môžeme usudzovať, že sa v presvetlených porastoch podmienky dusíkatej výživy zlepšili. V pôde č. 4 môže byť nízky obsah dusičnanov zapríčinený predovšetkým zlou aeráciou, pretože ostatné podmienky sú pre rozvoj nitrifikačných baktérií priaznivejšie ako v prvých troch pôdach (vyššie pH a vysoký obsah amoniaku).

Všetky spomenuté údaje prakticky len statického charakteru nám však ešte nemôžu v dostatočnej miere charakterizovať pôdu, pretože pre pôdne vlastnosti, najmä pre jej úrodnosť je charakteristická práve dynamika pôdnych procesov. I v takej pôde, kde je napr. v danom momente nízky obsah dusičnanov, môžu byť rastliny dobre zásobované dusičnanmi, ak v pôde majú dobré podmienky nitrifikačné baktérie. Nízky obsah dusičnanov môže byť okrem iného zapríčinený ich rýchlym spotrebovaním rastlinami, prípadne rozličnými pôdnymi mikroorganizmami. Podobne to môže byť aj v iných prípadoch.

Pretože pri premenách jednotlivých látok v pôde majú veľký význam pôdne mikroorganizmy, je potrebné všimnúť si aj ich zastúpenie. Musíme si ho všimnúť aj preto, lebo ich množstvo i pomerné zastúpenie jednotlivých fyziologických skupín sa značne mení v závislosti od rastlinného pokryvu a ten sa v sledovaných porastoch dosť mení, najmä ak máme na mysli bylinnú zložku.

Pohľad na tabuľku 3 ukazuje, že presvetlenie značne pozmenilo zastúpenie jednot-

Tabuľka 3
Množstvo mikroorganizmov v 1000 v 1 g pôdy

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Amonizačné baktérie	1	586	524	543	538	552
	2	726	742	756	748	785
	3	1040	980	1076	1036	1082
	4	860	820	846	852	858
Amonizačné bacily	1	128	118	122	116	118
	2	236	244	252	254	272
	3	426	418	432	422	434
	4	343	338	342	328	338
Baktérie	1	4,56	4,50	4,46	4,62	4,68
	2	3,14	3,04	3,00	2,94	2,88
	3	2,45	2,35	2,48	2,45	2,48
	4	2,52	2,43	2,47	2,60	2,53
Bacily	1	287	264	272	258	266
	2	345	328	352	316	332
	3	486	472	512	494	502
	4	384	362	398	374	403
Aktinomycéty	1	366	342	358	372	378
	2	408	412	428	404	415
	3	242	238	254	260	276
	4	312	318	306	314	320
Nižšie huby	1	72	78	80	74	74
	2	108	114	112	124	132
	3	152	156	148	164	160
	4	88	96	102	94	98
Aeróbne rozkladače celulózy	1	72	78	80	74	74
	2	108	114	112	124	132
	3	152	156	148	164	160
	4	88	96	102	94	98

livých skupín mikroorganizmov. Presvetlením porastu na 0,6 sa množstvo amonizačných baktérií zvýšilo prakticky až na dvojnásobok, podobne aj množstvo amonizačných bacilov a aeróbných rozkladačov celulózy. Pôda č. 2 (presvetlenie na 0,8) má v uvedených skupinách mikroorganizmov hodnoty medzi porastom nepresvetleným (č. 1) a porastom presvetleným na 0,6. V pôde č. 4 sú hodnoty počtu spomenutých mikroorganizmov nižšie ako v pôde č. 3. Je to celkom pochopiteľné, pretože sledované skupiny mikroorganizmov sú aeróbne a zhoršená aerácia zapríčiňuje aj pokles ich počtu. Rozdiely podobného charakteru sú aj v počte aktinomycét.

Zaujímavé zmeny sú v celkovom počte nižších húb. V pôde č. 2 sa ich množstvo zvyšuje, hoci by sa mohlo predpokladať zníženie, zatiaľ čo v pôde č. 3 je množstvo menšie ako v kontrolnom nepresvetlenom poraste. V pôde č. 4 je množstvo znova vyššie, ale nedosahuje hodnoty nepresvetleného porastu. Zvýšenie počtu nižších húb v pôde č. 2 sa môže zdať dosť divným, pretože sa všeobecne tvrdí, že v lesných pôdach je množstvo nižších húb najvyššie (24). Z toho by sa mohlo predpokladať, že objavením sa bylinného podrastu bude množstvo nižších húb klesať. Z výsledkov však vidíme, že množstvo nižších húb sa v určitých prípadoch zvýši, čo môže mať

celý rad príčin. V pôde presvetleného porastu sa predovšetkým zvýši obsah živín a energetických zdrojov, čo sa nutne musí prejavíť i na množstve nižších húb. Nie menej dôležité je aj chemické zloženie rastlinných zvyškov. I keď vieme, že mnohé nižšie huby sú schopné rozkladať i niektoré ťažkorozložiteľné látky, predsa lepšie využívajú ľahkorozložiteľné látky. Okrem toho je tiež možné, že na zvýšení počtu nižších húb má nemalú úlohu aj zvýšenie pH, i keď nižšie huby sú schopné rásť i pri veľmi nízkom pH. V doteraz nepublikovaných prácach urobených v našom oddelení sa ukázalo, že prakticky všetky huby, ktoré majú schopnosť veľmi dobre rásť pri veľmi nízkom pH, majú podstatne lepšiu rast v rozmedzí pH 6 až 7 a v mnohých prípadoch aj vyššie. Tieto spomenuté faktory môžu preto značne pôsobiť na zvýšenie celkového množstva nižších húb.

Na druhej strane však platí, že význam nižších húb s postupujúcim vývojom pôdy ustavične klesá. Tento rozpor je však len zdanlivého charakteru. Musíme si uvedomiť, že celkový charakter mikrobiálnych procesov, a tým aj charakter pôdy nezávisí úplne od celkového množstva, ale od vzájomného pomeru jednotlivých skupín mikroorganizmov. Preto i pri vyššom absolútnom počte nižších húb, ale pri ich nižšom pomernom zastúpení, bude sa vplyv nižších húb prejavovať na celkový charakter mikrobiálnych procesov menej. Ak sa teda podívame na počty iných mikroorganizmov, vidíme, že i pri celkovo vyššom počte nižších húb sa ich podiel na celkovom množstve mikroorganizmov znížil. To v podstate znamená, že menej ovplyvňujú celkový charakter pôdy. Charakter ovplyvňovania mikrobiálnych procesov nižšími hubami sa však môže značne zmeniť zmenou intenzity tých procesov, na ktorých sa zúčastňujú nižšie huby. I tak však môžeme predpokladať, že pôda č. 2 sa s ohľadom na pomerne nižšie zastúpenie nižších húb nachádza v pokročilejšej fáze vývoja.

V pôde č. 3 je zníženie počtu nižších húb nielen relatívne, ale aj absolútne, čo môže byť do určitej miery zapríčinené zhoršenou aeráciou oproti pôde č. 2. Príčiny však môžu byť aj iné.

V pôde č. 4, i keď sa aerácia pôdy ďalej zhoršuje, absolútne i relatívne množstvo nižších húb sa znova zvyšuje. Toto zvýšenie môže byť zapríčinené tým, že nastávajú podstatné zmeny v zastúpení jednotlivých čeľadí, rodov, prípadne druhov, ako je to uvedené v ďalšej časti práce.

K sledovaniu celkových počtov mikroorganizmov teda možno povedať, že presvetlením sa celkový počet zvyšuje a zlepšuje sa pomer jednotlivých fyziologických skupín mikroorganizmov. Môžeme z nich usudzovať, že presvetlením porastu sa stupeň vývoja pôd zvýši, čo nám ostatne dokazuje aj pomer amonizačných baktérií a bacilov. Z mnohých prác je totiž známe, že súčasne s postupujúcim vývojom pôdy sa pomer Baktérie: Bacily znižuje (42, 43, 44, 46).

K celkovej všeobecnej charakteristike sledovaných pôd možno podľa výsledkov, uvedených v tabuľkách 1 až 3, urobiť nasledujúce závery:

Presvetlenie porastu vytvára v pôde také podmienky, ktoré vedú k nahromadeniu organických i minerálnych látok v povrchovej vrstve. V súvislosti s tým sa mení aj celkové množstvo jednotlivých skupín mikroorganizmov a zlepšuje sa ich pomerné zastúpenie, ktoré je rozhodujúce pre celkový charakter mikrobiálnych procesov.

So stupňom presvetlenia porastu sa zvyšuje stupeň vývoja pôdy od podzolového obdobia jednotného pôdotvorného procesu smerom k lúčnemu štádiu obdobia mačínového. To znamená, že má podobný charakter ako pri prirodzenom postupe vystriedania lesa lúkou.

Vieme však, že pre existenciu lesa nie je výhodný ani čistý podzolizačný proces,

ani prevládanie mačínového obdobia (66, 68, 80). Nestačí nám preto konštatovanie, že so zvyšovaním presvetlenia sa obsah uhlíka, dusíka, pomer C : N a pomer Baktérie : Bacily, prípadne pomer nižších húb k ostatným pôdnym mikroorganizmom zlepšuje. Takéto pomery sú z hľadiska vývoja pôdy najlepšie v lúčnom štádiu mačínového obdobia; nie sú však výhodné pre existenciu lesa. Pre existenciu lesa je potrebné, aby neprebíhal čistý podzolizačný proces, ale niektorá fáza lúčneho štádia mačínového obdobia. Najvýhodnejšou je tá, v ktorej sú nahromaďovacie procesy dostatočne intenzívne, ale s dostatočnou intenzitou prebiehajú aj procesy mineralizačné, ktoré zabezpečujú drevinám potrebné množstvo živín. V ktorej fáze sú takéto podmienky, to nám predchádzajúce analýzy s určitou povedať nemôžu, pretože vyšší obsah uhlíka, dusíka, prípadne fosforu ešte nič nehovorí o jeho dostupnosti drevinám. I v takých pôdach, kde je jednotlivých prvkov dostatok, nemusí byť zabezpečená výživa drevín, ak sa jednotlivé prvky nachádzajú v ťažkorozpustných zlúčeninách. Preto je dôležité sledovať procesy, ktorými sa jednotlivé prvky uvoľňujú z organických alebo minerálnych látok v dostupnej forme, alebo i také procesy, ktoré nepriamo pôsobia na uvoľňovanie živín z ťažkorozpustných minerálnych zlúčenín.

Mikrobiálne procesy

Z mikrobiálnych procesov používaných pre charakteristiku pôdy je známa predovšetkým biologická aktivita, nitrifikácia, amonizácia a aeróbny rozklad celulózy.

Biologická aktivita, meraná produkciou kyslíčnika uhličitého, môže nám niečo hovoriť o celkovej biogénnosti, ale nemôžeme ju dať do nejakej priamej súvislosti s úrodnosťou pôdy, ba častokrát ani s niektorými mikrobiálnymi procesmi a rozličnými testami. No jednako zvýšená produkcia kyslíčnika uhličitého môže aspoň v určitých podmienkach hovoriť o zvýšenej premene uhľikátých látok, pretože podľa produkcie kyslíčnika uhličitého môžeme aspoň čiastočne usudzovať na rýchlosť rozkladu organických látok pridávaných do pôdy.

Tabuľka 4 ukazuje, že presvetlením porastu sa produkcia kyslíčnika uhličitého zvýši, a to najviac v pôde č. 3. Je ťažké usudzovať na príčiny, ale z predchádzajúcich tabuliek vidíme, že zvyšovanie produkcie kyslíčnika uhličitého je podobného charakteru ako zvyšovanie celkového množstva uhlíka, dusíka i počtu mikroorganizmov. Preto je možné usudzovať, že zvýšenie produkcie kyslíčnika uhličitého je zapríčinené jednak zvýšením samotného množstva uhľikátých látok, jednak zvýšením množstva mikroorganizmov. Neznamená to však, že zvýšenie produkcie kyslíčnika uhličitého môže nastať len po zvýšení množstva uhľikátých látok, prípadne len mikroorganizmov. Problém jeho zvýšenia nie je taký jednoduchý, ako to ešte uvidíme ďalej.

I keď je ťažko hovoriť, aký priamy vplyv má kyslíčnik uhľitý na pôdne vlastnosti, najmä na jej úrodnosť, jeho nepriamy význam je pomerne veľký. Musíme si však uvedomiť, že kyslíčnik uhľitý, ktorý sa nachádza v pôdnom roztoku, má veľký význam pre uvoľňovanie fosforu z ťažkorozpustných minerálnych zlúčenín. Teda v takých pôdach, kde je produkcia kyslíčnika uhličitého vyššia, sú lepšie predpoklady pre výživu rastlín fosforom (16, 25, 36, 52, 54).

Zvyšovanie produkcie kyslíčnika uhličitého pridaním celulózy sa so stupňom presvetlenia zvyšuje a nemá teda takú tendenciu ako zvyšovanie celkového počtu aeróbných rozkladačov celulózy. Je to dané tým, že v pôde č. 4 sa môže celulóza rozkladať činnosťou anaeróbných mikroorganizmov, ktoré sa však nesledovali. I tu však možno tvrdiť, že v pôdach, kde je pravdepodobný dostatok celulózy, jej ďalšie

Tabuľka 4
Biologická aktivita v mg CO₂/100 g pôdy za 7 dní

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Samotná pôda	1	269,5	278,4	296,2	274,6	286,3
	2	298,1	312,6	324,8	318,4	327,3
	3	445,5	452,3	438,6	460,1	456,2
	4	368,2	344,6	352,3	363,1	362,5
Pôda + celulóza	1	698,3	672,4	656,4	666,2	683,5
	2	976,4	998,3	1024,5	1028,7	1064,9
	3	1256,2	1238,6	1224,5	1252,3	1246,8
	4	1312,4	1358,6	1298,3	1342,9	1320,1
Pôda + KNO ₃	1	526,8	532,9	503,1	564,3	517,6
	2	516,9	504,6	492,3	501,7	518,5
	3	568,1	572,3	594,6	603,3	601,9
	4	676,7	672,3	693,4	706,5	698,8
Pôda + KH ₂ PO ₄	1	514,6	528,3	492,7	501,1	497,7
	2	456,7	472,1	432,6	426,4	438,6
	3	512,4	508,9	517,5	502,1	516,7
	4	607,6	615,8	623,6	609,1	612,2

Tabuľka 5
Aeróbný rozklad celulózy v % za 21 dní

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Samotná pôda	1	20	30	25	20	20
	2	50	50	50	40	50
	3	80	100	80	80	90
	4	40	50	40	50	40
Pôda + KNO ₃	1	30	40	40	30	35
	2	70	60	70	70	80
	3	100	100	90	100	100
	4	80	70	80	80	80
Pôda + KH ₂ PO ₄	1	50	40	50	40	40
	2	60	70	80	70	70
	3	100	100	90	100	100
	4	60	70	70	60	80

pridanie sa neprejaví vo zvýšení produkcie CO₂ v takej miere ako tam, kde je celulózy pomerne málo.

Pri sledovaní produkcie kyslíčnika uhličitého je dôležité všímať si aj to, ako sa zvýši CO₂ po pridaní niektorých minerálnych látok, najmä minerálnych foriem dusíka

Tabuľka 6
Amonizácia v mg N/NH₃ na 1 kg pôdy za 14 dní

Rok		1956	1957	1958	1959	1960
Pôda číslo	1	41,5	38,6	40,4	39,2	38,8
	2	75,0	76,2	78,6	78,4	77,6
	3	88,5	78,6	80,2	84,2	81,4
	4	33,2	31,8	32,4	31,6	32,3

a fosforu. Ich prítomnosť v pôde je pre rozklad organických bezdusíkatých látok alebo látok so širokým pomerom C : N veľmi dôležitá, pretože ak mikroorganizmy nemajú potrebné množstvo dusíka a fosforu, nemôžu sa ani dobre vyvíjať, a preto nemôžu robiť ani rozkladnú činnosť. S týmto javom sa veľmi často stretávame práve v podzlových pôdach, kde napr. rozklad celulózy je veľmi obmedzený najmä pre nedostatok minerálnych foriem dusíka. Preto ak pôde s dostatočným množstvom látok so širokým pomerom C : N pridáme vhodné dusíkaté zdroje, rozklad organických látok sa zvýši, čo sa musí v určitej miere prejaviť aj zvýšením produkcie kyslíčnika uhlíkatého.

Ak sa poďívame na produkciu kyslíčnika uhlíkatého v pôdach s KNO₃ vidíme, že pridanie KNO₃ k pôde č. 1, kde je široký pomer C : N a pomerne malé množstvo minerálnych foriem dusíka, zvýšilo produkciu kyslíčnika uhlíkatého prakticky o 100%, zatiaľ čo v pôde č. 3 len asi o 30%. V tejto pôde je pomer C : N zase užší a je tu aj väčšie množstvo minerálnych foriem dusíka.

Zvýšenie produkcie kyslíčnika uhlíkatého je aj po pridaní KH₂PO₄, ale závislosť na sledovaných minerálnych formách fosforu nie je taká ako v prípade s KNO₃. No i tak možno predpokladať, že v pôde č. 2 je pravdepodobne väčšie množstvo dostupného fosforu.

Celkove nám biologická aktivita ukazuje, že presvetlenie porastu značne pozmeňuje produkciu kyslíčnika uhlíkatého. Že medzi biologickou aktivitou a niektorými vlastnosťami pôdy nie je možné nájsť presné vzťahy je zapríčinené predovšetkým tým, že produkcia kyslíčnika uhlíkatého nie je proces špecifický pre niektorú skupinu mikroorganizmov, ako je to v niektorých iných prípadoch, ale na produkcii CO₂ v pôde sa okrem všetkých mikroorganizmov zúčastňujú aj iné organizmy. Sumárna produkcia CO₂ nemôže teda ukazovať na nejakú špecifickú závislosť. Môžeme len predpokladať, že v pôdach s vyššou biologickou aktivitou je premena uhlíkatých látok rýchlejšia alebo hlbšia.

Podstatne viac nám môžu o pomeroch v pôde povedať niektoré špecifickejšie procesy, ako sú napr. amonizácia, nitrifikácia, prípadne niektoré ďalšie.

Jedným z takýchto procesov je aj aeróbný rozklad celulózy, i keď celulózu rozkladá veľké množstvo mikroorganizmov z rozličných systematických skupín. Vplyv presvetlenia sa prejavuje veľmi zreteľne, pričom najväčší rozklad je v pôde č. 3. Pridaním KNO₃ a KH₂PO₄ sa intenzita rozkladu zvýši. Svedčí to predovšetkým o tom, že pre dobrý rozklad celulózy je potrebná prítomnosť dusičnanov, čo dosvedčuje aj to, že najväčší rozklad celulózy v čistej zemine je práve v pôde č. 3, kde je aj najväčšie množstvo dusičnanov.

Všeobecne k aeróbnemu rozkladu celulózy možno povedať, že presvetlením

Tabuľka 7
Nitrifikácia v mg N/NO₃ na 1 kg pôdy za 14 dní

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Samotná pôda	1	2,5	3,6	3,2	3,6	2,4
	2	20,0	22,6	23,8	25,2	26,4
	3	34,5	32,4	31,8	30,2	28,2
	4	9,2	10,6	8,2	9,6	11,2
Pôda + lupína	1	2,0	1,4	1,4	1,6	1,8
	2	28,2	28,6	24,6	23,2	22,6
	3	63,2	61,0	59,1	60,0	58,8
	4	0,8	1,1	1,3	1,0	0,9

porastu sa vytvoria lepšie podmienky pre jej rozklad. V priebehu piatich rokov však nie sú podstatné zmeny.

Presvetlenie porastu pôsobí priaznivo aj na amonizačný proces. Najväčšie zvýšenie je zase v pôde č. 3, ale z priebehu piatich rokov vidíme, že má klesajúcu tendenciu. Najnižšia amonizácia je v pôde č. 4.

Veľmi špecifickým mikrobiálnym procesom v pôde je nitrifikácia, pretože sa jej zúčastňuje len veľmi malé množstvo mikroorganizmov. Intenzita nitrifikácie je veľmi dobrým ukazovateľom mineralizácie v pôde a častokrát sa dáva do priamej súvislosti s pôdnou úrodnosťou. Je to jeden z najpreštudovanejších procesov v pôde (8, 13, 20, 22, 34, 36, 48, 62, 67, 78). Z tabuľky 7 vidíme, že presvetlením porastu sa nitrifikácia niekoľkonásobne zvýšila, ale v pôde č. 4 je zase pomerne malá. Zreteľné rozdiely sú aj v priebehu sledovaných rokov. Zatiaľ čo v pôde č. 1 a 4 sa intenzita nitrifikácie prakticky nemení, v pôde č. 2 sa zvyšuje a v pôde č. 3 klesá. Môže sa z toho usudzovať, že procesy v pôde č. 3 sa svojím charakterom približujú pôde č. 4 – fáze hustotrsnatých tráv lúčneho štádia. Pridaním lupínovej múčky sa nitrifikácia zvýši vo všetkých prípadoch – najviac v pôde č. 3.

Tabuľka 8
Zastúpenie mikroorganizmov rozkladajúcich lecitín a kyselinu nukleovú v % počtu hrdiek

Zdroj P	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Lecitín	1	16	18	16	20	17
	2	38	42	40	36	39
	3	32	28	24	27	21
	4	17	15	12	14	11
Kyselina nukleová	1	32	37	33	36	39
	2	48	53	57	56	60
	3	52	51	54	47	48
	4	25	21	26	20	18

Tabuľka 9
Uvoľňovanie P_2O_5 v mg/100 g pôdy

	Pôda	Rok				
		1956	1957	1958	1959	1960
Samotná pôda (za 21 dní)	1	6,5	6,3	6,8	6,1	6,7
	2	16,4	16,8	17,2	18,1	19,6
	3	20,3	19,8	20,1	18,2	17,3
	4	14,2	14,1	13,8	13,2	10,4
Pôda + lecitín (za 21 dní)	1	120,3	116,2	122,3	118,6	117,2
	2	128,1	134,2	130,1	138,6	142,1
	3	167,0	158,3	160,2	154,4	148,2
	4	135,4	132,6	134,8	140,1	133,1
Pôda + kyselina nukleová (za 14 dní)	1	nestanovené		12,4	11,8	12,6
	2			34,2	36,3	38,4
	3			32,5	30,2	28,5
	4			18,4	20,1	19,2

Aby bolo možné lepšie posúdiť mineralizáciu, ktorá veľmi súvisí s úrodnosťou pôdy, bolo potrebné podrobnejšie sa zaoberať aj otázkou fosforu, hoci sa s touto problematikou v pôdne mikrobiologických prácach stretávame len veľmi zriedkavo. Dôležitou otázkou je predovšetkým mineralizácia organických zlúčenín fosforu. Sledovalo sa preto aj zastúpenie tých mikroorganizmov, ktoré tieto zlúčeniny rozkladajú.

Zvýšenie počtu mikroorganizmov rozkladajúcich lecitín a kyselinu nukleovú je v presvetlených porastoch úplne presvedčujúce (tab. 8), pričom je znova potrebné upozorniť, že v pôde č. 2 pri použití kyseliny nukleovej ako zdroja P je stúpajúca tendencia, zatiaľ čo v pôde č. 3 je patrný pokles podobne ako i v niektorých ďalších prípadoch. Z týchto výsledkov možno predpokladať, že v pôdach presvetlených porastov bude aj rýchlejší rozklad organických zlúčenín fosforu. Tabuľka 9 nás o tom presvedčuje.

I v tomto prípade je postupné stúpanie v pôde č. 2 a pokles v pôde č. 3. Na rozdiel od väčšiny predchádzajúcich prípadov je však mineralizácia nukleovej kyseliny najvyššia v pôde č. 2 a nie č. 3.

Vlastné hodnoty mineralizácie lecitínu a kyseliny nukleovej nemožno však porovnávať pre úplne odlišný metodický postup sledovania.

Zo všetkých predchádzajúcich výsledkov vyplýva, že presvetlením porastov sa zvyšuje celkové množstvo rozličných skupín mikroorganizmov a zároveň sa zvyšuje aj intenzita mikrobiálnych procesov. Ak však porovnáваме percentuálne zvýšenie počtu mikroorganizmov, prípadne i ich absolútne hodnoty s percentuálnym zvýšením intenzity jednotlivých mikrobiálnych procesov, vidíme, že percentuálne zvýšenie intenzity procesov je nepomerne väčšie. To znamená, že zvýšenie intenzity mikrobiálnych procesov nesúvisí len so zvyšovaním počtu mikroorganizmov, ale i s nejakými inými príčinami. Môže to byť spôsobené tým, že zmenami pôdných podmienok sa zvyšuje činnosť jednotlivých druhov mikroorganizmov určitej fyziologickej skupiny, ale aj tým, že nastávajú zmeny v samotnom zložení mikroorganizmov, čím sa mení

aj intenzita jednotlivých procesov, na ktorých sa patričné mikroorganizmy zúčastňujú. Že zmenami charakteru porastov nastávajú aj zmeny v zložení mikroorganizmov, je veľké množstvo údajov (18, 20, 23, 24, 35, 37, 39, 42 až 48, 55, 60, 61 až 69, 79). Preto bolo potrebné zistiť aj rodové zastúpenie, prípadne zastúpenie druhové.

Zastúpenie mikroorganizmov

S druhovými analýzami pôdných mikroorganizmov sa stretávame v poslednom čase pomerne často, a to najmä u amonizačných bacilov (8, 42, 43, 44, 45, 46). Ich zastúpenie v jednotlivých pôdných typoch ukazuje celkom zákonité zmeny, ktoré v značnej miere závisia od charakteru uhlíkatej a dusíkatej výživy. Pretože i pri presvetlení porastu ide prakticky o prechod jedného typu pôdy na iný typ a ako ukázali výsledky, nastávajú aj zmeny v premenách uhlíka a dusíka, možno predpokladať, že nastali aj zmeny v druhovom zložení amonizačných bacilov; podobne aj zmeny iných skupín mikroorganizmov.

Tabuľka 10

Druhové zastúpenie amonizačných bacilov v % z ich celkového množstva (priemer zo všetkých rokov)

Druh \ Pôda	1	2	3	4
<i>Bacillus agglomeratus</i>	4,2	3,8	3,6	3,6
<i>Bacillus cereus</i>	40,6	37,2	34,5	27,4
<i>Bacillus idosus</i>	19,4	26,7	27,3	24,6
<i>Bacillus mycoides</i>	18,7	14,4	14,3	9,6
<i>Bacillus virgulus</i>	3,8	3,2	3,6	5,4
<i>Bacillus megatherium</i>	3,7	4,2	5,3	8,2
<i>Bacillus subtilis</i>	3,6	3,4	3,5	7,8
<i>Bacillus mesentericus</i>	2,1	4,7	3,6	7,2
Neurčené	3,9	2,4	4,3	6,2

Zmeny zastúpenia druhov, uvedené v tab. 10, ukazujú, že sa znižuje množstvo tých druhov, ktoré sú charakteristické pre lesné pôdy (*B. cereus* a *B. mycoides*) a zvyšuje sa zastúpenie druhov charakteristických pre nelesné pôdy v pokročilejšom stupni vývoja, prípadne pre pôdy obrábané (*B. megatherium* a *B. mesentericus*). Zo znižovania zastúpenia *B. cereus* a *B. mycoides* môžeme usudzovať, že v presvetlených porastoch je dôkladnejší rozklad rastlinných zvyškov, pretože tieto druhy vyžadujú dostatok čerstvých rastlinných zvyškov, ako na to ukazujú výsledky práce Timofejevovej (74).

Veľmi zreteľné zmeny sú aj v zložení aeróbných rozkladačov celulózy. Nie je potrebné ani urobiť druhové analýzy, aby sme sa mohli presvedčiť, aké podstatné zmeny nastali v zložení rozkladačov celulózy. Stačí len rozdelenie na také veľké skupiny, ako baktérie, plesne a aktinomycéty. Tabuľka 11 ukazuje, ako zreteľne sa znížilo zastúpenie plesní a zvýšilo zastúpenie baktérií.

Z rozdielov zastúpenia jednotlivých skupín je jasné, že sa musia prejavovať zmeny v charaktere rozkladu celulózy a v intenzite a nakoniec aj v charaktere produktov rozkladu. Ak k tomu ešte pripočítame, že nastali zmeny aj v zastúpení rodov alebo

Tabuľka 11

Percentuálne zastúpenie aeróbných rozkladačov celulózy — priemer všetkých rokov (B — baktérie, P — plesne, A — aktinomycéty)

		B	P	A
Pôda č.	1	21,15	62,36	15,49
	2	28,32	54,82	16,86
	3	39,43	42,12	18,45
	4	40,08	40,15	19,77

druhov jednotlivých skupín, je potrebné konštatovať, že v rozklade celulózy nastali po presvetlení porastu veľmi veľké zmeny. Sledovanie vlastného rozkladu celulózy to aspoň čiastočne dokazuje (tab. 5).

Pri podrobnejšom štúdiu rozkladačov celulózy sa ukázalo, že v nepresvetlenom poraste je z baktérií zastúpený najmä rod *Cytophaga* (*C. hutchinsoni*, *C. aurantiaca* a *C. silvestris*), menej rod *Cellfalcicula* (*C. ochracea*, *C. ochroleuca*) a len veľmi zriedkavo rod *Cellvibrio* (*C. fulva*). V presvetlených porastoch je množstvo zástupcov rodu *Cytophaga* menšie a zvyšuje sa množstvo zástupcov rodov *Cellfalcicula* a *Cellvibrio*. Posledný rod však len v menšej miere. Podstatne viac je však zastúpený v pôde č. 4.

Zmeny v rodovom zložení rozkladačov celulózy sú aj u plesní. V nepresvetlenom poraste sú to najmä zástupcovia rodu *Penicillium*, v presvetlených porastoch i v pôde pastviny najmä rodu *Chaetomium*, *Stachybotrys* a niektorých ďalších.

Pretože zmeny v zložení nižších húb (plesní) sú veľmi zreteľné nielen u rozkladačích celulózu, ale aj u ostatných, uvedieme aspoň zmeny podľa zastúpenia jednotlivých čeľadí a rodov (tab. 12 a 13).

Pokles zástupcov čeľade *Mucoraceae*, typických pre lesné pôdy a zúčastňujúcich sa rozkladu ľahkorozložiteľných organických látok, ukazuje na nástup mačínového

Tabuľka 12

Percentuálne zastúpenie čeľadí nižších húb (priemer zo všetkých rokov)

Čeľaď	Pôda			
	1	2	3	4
<i>Mucoraceae</i>	14,85	13,40	9,38	6,44
<i>Thamnidaceae</i>	—	0,05	0,11	—
<i>Piptocephalidaceae</i>	—	—	0,17	—
<i>Choanephoraceae</i>	—	0,05	0,11	—
<i>Mortierellaceae</i>	3,53	2,75	1,85	1,82
<i>Kickxellaceae</i>	—	—	0,11	—
<i>Chaetomiaceae</i>	0,62	1,07	1,91	2,73
<i>Moniliaceae</i>	72,24	69,04	63,37	59,92
<i>Dematiaceae</i>	4,43	7,51	13,43	15,61
<i>Stilbaceae</i>	0,12	0,25	0,34	0,49
<i>Tuberculariaceae</i>	1,30	3,31	6,32	10,15
Neurčené	2,91	2,57	2,90	2,84

Tabuľka 13

Rodové zastúpenie nižších húb v % z celkového množstva (priemer zo všetkých rokov)

Rod	Pôda			
	1	2	3	4
<i>Absidia</i> Van Tieghem	2,10	1,58	1,21	0,63
<i>Rhizopus</i> Ehrenberg	0,18	0,15	—	0,14
<i>Actinomucor</i> Šostakovič	0,12	—	—	—
<i>Mucor</i> Micheli	11,28	10,81	7,54	5,67
<i>Zygorhynchus</i> Vuillemin	1,11	0,86	0,63	—
<i>Circinella</i> van Tiegh. et le Mon.	0,06	—	—	—
<i>Thamnidium</i> Link	—	0,05	0,11	—
<i>Mycotypha</i> Fenner	—	—	0,17	—
<i>Cunninghamella</i> Matruchot	—	0,05	0,11	—
<i>Mortierella</i> Coemans	3,53	2,75	1,85	1,82
<i>Coemansia</i> van Tiegh. et le Mon.	—	—	0,11	—
<i>Chaetomium</i> Kunze et Schmidt	0,62	1,07	1,91	2,73
<i>Geotrichum</i> Link	0,24	0,45	0,46	0,49
<i>Cephalosporium</i> Corda	0,31	0,71	0,52	0,98
<i>Trichoderma</i> (Persoon) Harz	5,70	5,81	4,40	4,76
<i>Aspergillus</i> (Micheli) Corda	2,72	3,11	4,16	5,53
<i>Penicillium</i> Link	58,46	51,35	47,61	41,02
<i>Gliocladium</i> Corda	0,55	1,42	1,55	1,54
<i>Scopulariopsis</i> Bainier	0,37	1,07	1,21	1,33
<i>Sporotrichum</i> Link	—	1,11	0,92	0,91
<i>Botrytis</i> Persoon	0,55	0,81	0,17	0,14
<i>Verticillium</i> Nees	2,66	2,44	2,03	1,75
<i>Spicaria</i> Auct.	0,68	0,76	0,34	0,21
<i>Stachybotrys</i> Corda	1,17	2,19	3,71	4,48
<i>Gliobotrys</i> Höhnelt	—	0,15	0,23	0,28
<i>Humicola</i> Traaen	0,24	0,45	1,04	1,33
<i>Botryotrichum</i> Sacc. et March.	0,18	0,91	1,16	1,54
<i>Dicoccum</i> Corda	—	—	0,52	—
<i>Cladosporium</i> Link	2,10	2,34	3,07	3,57
<i>Alternaria</i> Nees	0,31	0,76	1,27	2,38
<i>Stemphylium</i> Wallroth	0,43	0,71	2,43	2,03
<i>Stysanus</i> Corda	0,12	0,25	0,23	0,35
<i>Trichurus</i> Clem. et Shear	—	—	0,11	0,14
<i>Fusarium</i> Link	1,30	3,31	6,32	10,15
Neurčené	2,91	2,57	2,90	2,84

obdobia pôdotvorného procesu. Príčin poklesu môže byť niekoľko. Predovšetkým to môže byť nedostatok vhodných zdrojov a energie. V presvetlených porastoch je síce viac ľahkorozložiteľného materiálu následkom odumierania bylín a tráv, ale v týchto porastoch je aj väčšie množstvo iných mikroorganizmov a väčšia intenzita mikrobiálnych procesov, takže zástupcovia tejto čelade môžu trpieť nedostatkom vhodných zdrojov. Okrem toho pomerne väčší pokles v pôde č. 3 a 4 môže byť zapríčinený aj zhoršením aerácie. V nemalej miere sa môžu uplatňovať aj antagonisticke vzťahy.

Pokles čelade *Mortierellaceae* je zapríčinený najmä poklesom *M. ramanniana* (Syn. *Mucor ramannianus*), ktorý je typickým zástupcom kyslých pôd ihličnatých porastov (7, 9, 18, 24, 35, 50, 54), čo tiež svedčí o zlepšovaní pôdnych podmienok.

Zmeny v čeladi *Moniliaceae* sú zapríčinené poklesom zástupcov rodu *Penicillium*

a naopak, stúpanie množstva zástupcov čeľade *Dematiaceae* hlavne stúpnutím rodov *Stachybotrys*, *Cladosporium*, *Alternaria* a i. Čeľaď *Tuberculariaceae* je reprezentovaná prakticky len rodom *Fusarium*. Všetky zmeny rodov dobre ukazuje tabuľka 13. Z nej, ako aj z tab. 12 vidno, že najpestrejšie zastúpenie je v pôde č. 3.

Zmeny v zastúpení rodov *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Botryotrichum*, *Dicoccum*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Stemphylium* a *Stysanus*, ktoré dobre rozkladajú celulózu, dostatočne ukazujú, že v rozklade celulózy museli nastať značné zmeny.

Pomerne značné stúpnutie zastúpenia rodov *Aspergillus* a najmä rodu *Fusarium*, ako aj pokles rodu *Penicillium* svedčí o pokročilejšej fáze pôdotvorného procesu v presvetlených porastoch (23, 44, 55).

Výsledky zároveň ukazujú, že v presvetlených porastoch i pri poklese celkového množstva nižších húb sa rodové spektrum zväčšilo, čím sa zároveň vytvárajú podmienky pre rôznorodejší rozklad rozličných organických látok. Vzniká tak aj väčšie množstvo rozličných metabolitov, ktoré pôsobia na ďalšiu zmenu pôdných vlastností.

Ak sa na všetky predchádzajúce výsledky dívame z hľadiska teórie bioorganominerálneho komplexu, vidíme, že zmeny nastali i v druhom i v treťom systéme.

V druhom systéme bioorganominerálneho komplexu, ktorý je charakteristický širším pomerom C : N a predstavuje nám humifikáciu, nastal predovšetkým pokles množstva nižších húb a zmeny v ich rodovom zložení. Zvýšilo sa aj množstvo amonizačných mikroorganizmov a amonizácia. Tieto zmeny, ako i zvýšenie množstva amonizačných bacilov a ich druhové zmeny jasne ukazujú, že v presvetlených porastoch je humifikácia priaznivejšia, čo nám dokazuje aj zvyšovanie množstva C a N a zlepšenie ich pomeru.

Zlepšením podmienok v druhom systéme bioorganominerálneho komplexu sa zároveň vytvárajú také podmienky, ktoré sú vhodnejšie pre rozvoj tretieho systému, kam zahrňujeme predovšetkým nitrifikačné baktérie, mikroorganizmy mineralizujúce organické zlúčeniny fosforu a bakteriálne aeróbne rozkladače celulózy.

Z analýz vidíme, že nastalo zlepšenie aj v treťom systéme, to znamená, že sa zvýšila i mineralizácia, ktorá je potrebná pre uvoľňovanie živín.

Zvyšovanie obsahu C a N v pôdach č. 2 a 3 však ukazuje, že mineralizačné procesy neprevládajú nad humifikačnými, lebo inak by sa muselo množstvo humusových látok, a tým aj obsah C a N znižovať, čím by sa zhoršili pôdne vlastnosti.

Menší obsah C a N v pôde č. 4 však tiež nie je zapríčinený veľkou intenzitou mineralizačných procesov, ale zmenou charakteru pôdotvorného procesu, pretože v tejto pôde prebieha prakticky čistý mačínový proces, čo dokazujú predchádzajúce analýzy.

Charakteristika humusových látok

Pretože druhý systém bioorganominerálneho komplexu nemá takých charakteristických a špecifických zástupcov ako tretí systém, nie je dobre možné posúdiť humifikáciu v takej miere ako mineralizáciu. Aby bolo možné urobiť si lepšiu predstavu o humusových látkach, urobili sa aj analýzy humusu. Získané výsledky ukázali (tab. 14), že v charaktere humusových látok nastali tiež dôležité zmeny. Najcharakteristickejšim je však pomer $C_H : C_F$.

Podľa pomeru $C_H : C_F$ možno usudzovať, že pôdy v presvetlených porastoch sú na vyššom stupni vývoja. Zároveň možno predpokladať, že nastali zmeny aj v elementárnom zložení humínových kyselín, najmä v zvýšení obsahu C, a tým aj v stupni disperznosti. Že vývojom pôdy takéto zmeny nastávajú, je v literatúre dostatočne množstvo dôkazov (5, 6, 10, 19, 28, 30, 33, 75).

Tabuľka 14
Zloženie humusových látok v % z celkového C (rok 1960)

Frakcie	Pôda			
	1	2	3	4
Bitumy	4,6	3,8	3,2	3,7
Rozp. v destilovanej vode	0,62	0,48	0,42	0,56
Rozp. v 0,1N NaOH	54,3	50,2	47,2	45,7
Hydrol. v 1N H ₂ SO ₄	7,28	6,04	5,64	4,24
Neextrahovateľný zbytok	33,20	40,48	43,54	45,80
C _{Humín} : C _{Fulvo}	0,747	0,882	0,907	0,918

Tabuľka 15
Elementárne zloženie humínových kyselín v %

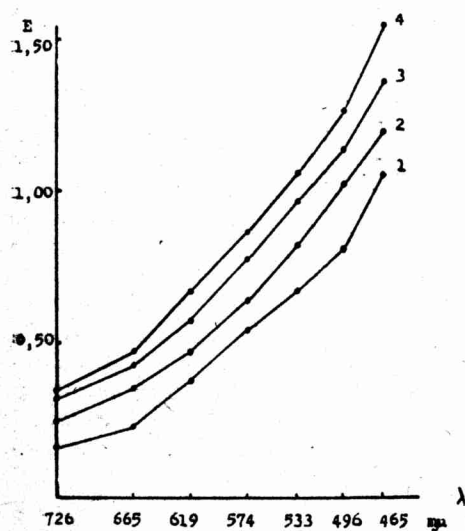
		C	H	N	O
Pôda č.	1	51,46	4,68	3,58	40,28
	2	52,24	5,04	3,42	39,30
	3	53,96	5,14	3,97	36,93
	4	54,18	5,12	3,68	37,02

Tabuľka 15 ukazuje, že v pôdach presvetlených porastov sa v humínových kyselinách zvýšilo množstvo C a znížilo sa množstvo kyslíka. Znamená to, že humínové kyseliny presvetlených porastov sa svojím charakterom približujú humínovým kyselinám mačínového obdobia pôdotvorného procesu (5, 6, 10, 28, 29, 51).

Výsledky zároveň ukazujú, že humínové kyseliny presvetlených porastov predstavujú vyšší stupeň kondenzácie a budú sa teda vyznačovať aj menším stupňom disperznosti, čo nám dobre dokazuje aj tabuľka 16.

Na zmeny charakteru humínových kyselín ukazuje i graf 1, na ktorom je zachytená absorpcia svetla rozličnej vlnovej dĺžky humínovými kyselinami. Z grafu je vidieť, že v presvetlených porastoch sa hodnoty E humínových kyselín zvyšujú, čo svedčí o vyššom stupni vývoja týchto pôd (5, 6, 10, 28, 29).

Všetky výsledky dosiahnuté pri štúdiu humínových kyselín ukazujú, že v presvetlených porastoch sa zvyšuje kondenzácia a znižuje disperznosť humínových kyselín.



Graf 1.
Absorpcia svetla humínovými kyselinami.
1, 2, 3, 4 — čísla pôd.

Tabuľka 16
Koagulácia humínových kyselín v miliekvivalentoch CaCl_2
na 1000 ml roztoku humátu

		Počiatok koagulácie	Úplná koagulácia
Pôda č.	1	24	38
	2	19	25
	3	14	18
	4	13	17

Tým sa v pôde vytvárajú podmienky pre nahromaďovanie humusu v povrchových vrstvách pôdneho profilu. Znamená to tiež, že podzolizačný proces, ktorý je v smrekových monokultúrach bez podrastu veľmi výrazný, je po presvetlení porastov potlačovaný a začína sa uplatňovať mačínové obdobie pôdotvorného procesu.

Štúdium charakteru humínových kyselín nám teda značne pomáha lepšie posúdiť charakter II. systému bioorganominerálneho komplexu. Zo získaných výsledkov vyplýva, že v presvetlených porastoch nastalo zlepšenie nielen III. systému ale aj II. systému. To znamená, že sa zlepšila i mineralizácia i humifikácia.

Diskusia

Pri hodnotení výsledkov získaných pri štúdiu vplyvu presvetlenia smrekového porastu na mikrobiálne procesy si musíme uvedomiť, že ani podzolové obdobie ani obdobie mačínové nie je pre existenciu lesa výhodné.

V podzolovom období jednotného pôdotvorného procesu, ktorý v najčistejšej forme prebieha v pôdach smrekových monokultúr bez bylinného podrastu v oblastiach s dostatočným množstvom zrážok, prebiehajú také procesy, ktoré vedú k výraznému zhoršeniu pôdnych vlastností.

Podzolové obdobie je charakteristické aj pomerne nízkou intenzitou jednotlivých mikrobiálnych procesov a mnohé procesy v čistých podzolochoch sú prakticky úplne potlačené, napr. nitrifikácia, aeróbna fixácia dusíka (často aj anaeróbna) a v mnohých prípadoch aj aeróbny rozklad celulózy. Aj ostatné mikrobiálne procesy prebiehajú len veľmi pomaly, čo môže mať niekoľko príčin. V niektorých prípadoch je príčinou poklesu veľká kyslosť pôdy, ktorá zapríčiňuje zníženie počtu baktérií a aktinomycét, a tým aj zníženie intenzity tých procesov, na ktorých sa zúčastňujú. Zníženie intenzity niektorých mikrobiálnych procesov je zapríčinené aj nedostatkom minerálnych látok v povrchových vrstvách pôdneho profilu. Prejavuje sa to najmä vo veľmi pomalom rozklade organických látok so širokým pomerom C : N. Pri rozklade takýchto látok potrebujú mikroorganizmy pomerne veľké množstvo rozličných minerálnych látok. Ak ich nemajú, rozklad organických látok sa zastaví, alebo prebieha len veľmi pomaly. Celkový výsledok je potom ten, že na povrchu pôdy sa nahromaďuje veľké množstvo nerozložených rastlinných zvyškov. To však znamená, že do pôdy sa bude dostávať čím ďalej tým menej potrebných živín a pôdna úrodnosť tak stále klesá.

Nedostatok dostupných minerálnych látok v povrchových vrstvách pôdneho profilu nepôsobí však len na zníženie intenzity rozkladu organických látok so širokým pomerom C : N, ale zapríčiňuje aj zmeny v zložení samotnej pôdnej mikroflóry.

Intenzívne sa začne rozvíjať tzv. oligotrofná a oligofilná mikroflóra, ktorá je pre podzolové pôdy veľmi charakteristická. Vyznačuje sa predovšetkým tým, že sa môže veľmi dobre rozvíjať pri veľmi nízkom obsahu P, K, Ca a Mg. Druhým jej charakteristickým znakom je veľká produkcia rozličných organických kyselín. Produkované organické kyseliny urýchľujú uvoľňovanie jednotlivých prvkov z pôdných minerálov v dostupnej forme, čím sa na určité obdobie zlepši výživa rastlín. Toto čiastočné zlepšenie výživy trvá dovtedy, kým sa pôdne minerály prakticky úplne nerozložia a neostane len skoro čistý kyslíčnik kremičitý. Jeho prítomnosť je v silných podzolochoch veľmi typická. V tomto stupni podzolizácie sa výživa drevín prakticky úplne zastaví a dreviny odumierajú.

K mikroflóre, ktorá zapríčiňuje takéto veľké zmeny, patria predovšetkým silikátové baktérie a nižšie huby, najmä zástupcovia rodu *Penicillium* (1, 4, 54, 60, 71).

Z tohto stručného prehľadu vidíme, že postupujúci podzolizačný proces je pre samotný les nevýhodný.

Nevhodné podmienky sú však aj v mačínovom období, ktoré sa vyznačuje nahromadením humusových látok v povrchových vrstvách pôdneho profilu. Pôsobením tráv, najmä hustotrsnatých, vytvoria sa také podmienky, ktoré sú pre existenciu lesa nepriaznivé. Ich pôsobenie sa prejavuje predovšetkým tým, že zachytávajú prakticky všetku zrážkovú vodu a len veľmi málo ju prepúšťajú do spodnejších vrstiev pôdy. Dreviny tak trpia nedostatkom vody. Dôležité je aj to, že pod hustotrsnatými trávami sa vytvárajú anaeróbne podmienky, čím sa znižuje intenzita mineralizačných procesov, a tým aj uvoľňovanie živín vo vhodnej forme. Za takýchto podmienok je existencia lesa prakticky nemožná.

Na druhej strane je však známe, že prítomnosť bylín a tráv v lesných porastoch zlepšuje pôdne podmienky i z hľadiska vlastného vývoja pôdy i z hľadiska zlepšenia výživy drevín (19, 20, 32, 35, 48, 57, 67, 68). To znamená, že v určitej fáze mačínového obdobia musia existovať také podmienky, v ktorých prebieha v dostatočnej miere proces nahromadovania, najmä zvyšovanie obsahu humusových látok, ale aj mineralizačné procesy, pri ktorých sa uvoľňujú potrebné živiny vo vhodnej forme. Najvýhodnejšou bude taká fáza mačínového obdobia, v ktorej humifikačné procesy prebiehajú s čo najväčšou intenzitou, ale nesmú prevládať nad procesmi mineralizačnými. Humifikačné a mineralizačné procesy musia byť teda navzájom vyrovnané. Ak sa táto rovnováha naruší, zhoršujú sa podmienky pre existenciu drevín. Pri prevládnutí humifikácie sa pôdne procesy posunú smerom k čistému mačínovému obdobiu, pri prevládnutí mineralizácie zase smerom k podzolovému obdobiu, i keď sa dočasne zlepši výživa drevín.

Aby bolo možné zistiť, kedy sú v lesnej pôde také podmienky, že sú humifikačné a mineralizačné procesy vyrovnané, je potrebné preštudovať mikrobiálne podmienky v jednotlivých fázach lúčneho štádia mačínového obdobia, čo je možné urobiť práve v presvetlených porastoch. Čím je stupeň presvetlenia väčší, tým viac sa uplatňuje posledná fáza lúčneho štádia mačínového obdobia – fáza hustotrsnatých tráv.

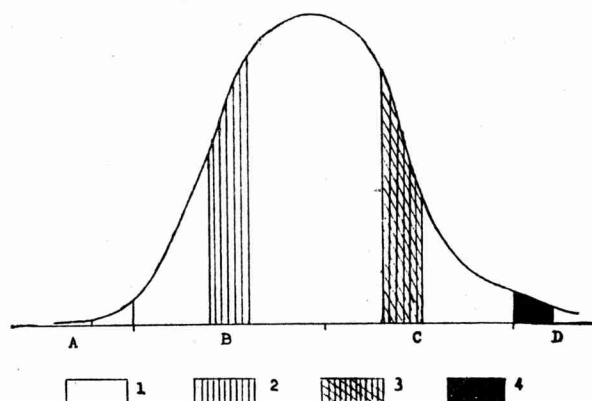
Z prác Seiferta (66, 67, 68) je známe, že intenzita nitrifikačného procesu, ktorý je dôležitým ukazovateľom stupňa mineralizácie a úrodnosti pôdy, je najväčšia vo fáze výbežkatých tráv. Ak predpokladáme, že v tejto fáze je humifikácia a mineralizácia vyrovnaná, potom je možné na zlepšenie pôdných vlastností urobiť v poraste také presvetlenie, pre ktoré je typická prítomnosť výbežkatých tráv.

Vlastný problém presvetlenia porastov z hľadiska mikrobiologického však nie je taký jednoduchý, pretože je nám známe, že akýmkoľvek stupňom presvetlenia sa v prvých rokoch zvýšia mineralizačné procesy a zvyšuje sa aj podzolizácia (19, 54).

Zvýšenie humifikačných procesov je až v nasledujúcich rokoch. Preto je dôležité študovať vplyv presvetlenia v dlhšom časovom období, čo je obyčajne z rozličných technických dôvodov nemožné.

Ukázalo sa preto výhodným sledovať mikrobiálne procesy v takých porastoch, ktoré už boli presvetlené skôr; mikrobiálne procesy mali tak možnosť do určitej miery sa stabilizovať.

Sledované pôdy môžeme podľa charakteru bylinného podrastu zaradiť do nasledujúcich fáz: Pôda č. 1 — podzolové obdobie, pôda č. 2 — fáza výbežkatých tráv, pôda č. 3 — fáza riedkotrsnatých tráv a pôda č. 4 — fáza hustotrsnatých tráv.



Graf 2.

Schématické znázornenie intenzity mineralizácie a zaradenie sledovaných pôd.
A — podzolové obdobie, B — fáza výbežkatých, C — fáza riedkotrsnatých a D — fáza hustotrsnatých tráv.
1, 2, 3, 4 — čísla pôd.

Ak vychádzame z rámcovej schémy Viľjamsa (77), má sa v jednotlivých fázach postupne zvyšovať obsah organických látok i zastúpenie jednotlivých prvkov. Získané výsledky ukazujú, že zvyšovanie obsahu C a N je len po fázu riedkotrsnatých tráv a vo fáze hustotrsnatých tráv je znova pokles. Celkové množstvo P_2O_5 je však aj tu vyššie. Zmenšenie obsahu C a N v pôde č. 4 môže byť zapríčinené tým, že do pôdy sa dostáva menšie množstvo organických zvyškov, pretože nadzemné časti sa nemôžu s pôdou prakticky vôbec premiešať a ostávajú na povrchu, kde sa postupne mineralizujú. Neznamená to však, že v pôde č. 4 došlo z hľadiska vývoja pôdy k zhoršeniu. I keď je v nej menšie množstvo C a N, je táto pôda na vyššom vývojovom stupni, o čom svedčí predovšetkým ďalšie zlepšenie pomeru C : N, $C_{Humín} : C_{Fulvo}$ a zmenšenie disperznosti huminových kyselín, čo je pre vyššie fázy pôdotvorného procesu typické (5, 6, 15, 28, 29, 32, 36, 75). Že pôda č. 4 predstavuje vyššiu fázu mačínového obdobia pôdotvorného procesu dokazuje aj zastúpenie amonizačných bacilov, najmä zvýšenie množstva *Bac. megatherium*, *Bac. subtilis* a *Bac. mesentericus* (42, 43, 44, 46), zastúpenie aeróbných rozkladačov celulózy a rodové zastúpenie nižších húb. Ďalšie výsledky však ukazujú, že v pôde č. 4 sa podstatne zhoršili mineralizačné procesy — aeróbný rozklad celulózy, nitrifikácia i mineralizácia lecitínu a kyseliny nukleovej. To znamená, že zásobovanie drevín minerálnymi látkami je podstatne zhoršené.

Nepriaznivé podmienky sú aj v pôde č. 1 — v pôde nepresvetleného porastu. Obsah C a N i celkové množstvo P_2O_5 je nižšie a nepriaznivý je aj pomer C : N. I výsledky získané pri štúdiu huminových kyselín ukazujú, že v pôde nepresvetleného porastu je humifikácia nepriaznivá a huminové kyseliny sa vyznačujú veľkou disperznosťou, čo urýchľuje vyplavovanie organických látok do spodnejších vrstiev pôdneho profilu (5, 6, 17, 28, 29, 33 a i.). Ďalej je pre túto pôdu typické menšie množstvo amonizačných baktérií, bacilov, aeróbných rozkladačov celulózy a aktinomycét, čo sa zhoduje s výsledkami celého radu autorov (1, 35, 42, 43, 44, 46, 60 a i.). Na druhej strane je zase typický pomerne vysoký obsah zástupcov rodu *Penicillium*, teda práve tej skupiny mikroorganizmov, ktorá má pri podzolizácii veľký význam (24, 50, 54). Intenzita mineralizačných procesov je pomerne nízka — aeróbný rozklad celulózy a najmä nitrifikácia. Jednako však pomerne dosť vysoká amonizácia a aj samotná nitrifikácia svedčia o tom, že ani v tejto pôde neprebíha podzolizačný proces v klasической forme, pretože nitrifikácia by v tom prípade musela byť prakticky nulová (48, 54, 66, 72).

Podstatne priaznivejšie podmienky ako v predchádzajúcich dvoch prípadoch sú pomery v pôdach č. 2 a 3, a to i s ohľadom na humifikáciu i mineralizáciu. Prakticky všetky získané výsledky ukazujú, že najvýhodnejšie podmienky s ohľadom na obe skupiny procesov sú v pôde č. 3, kde je výhodnejšie zloženie humusových látok a priaznivejší charakter huminových kyselín, i vyšší obsah C, N, P, vhodnejšie zastúpenie mikroorganizmov a väčšia je aj intenzita prakticky všetkých sledovaných procesov okrem mineralizácie kyseliny nukleovej. Zdalo by sa preto, že takéto presvetlenie je najvýhodnejšie. Keď sa však na výsledky poďviame podrobnejšie, najmä v priebehu všetkých sledovaných rokov, a ak uvažujeme aj výsledky získané v iných prácach (1, 13, 19, 54, 66, 67, 68), musíme prísť k záveru, že tento stupeň presvetlenia porastu už postupne pôdne podmienky zhoršuje. Pretože takéto tvrdenie sa môže zdať dosť paradoxné, je potrebné prebrať túto otázku podrobnejšie.

I keď prác týkajúcich sa presvetlenia porastov akýmkoľvek spôsobom je pomerne málo, predsa však vieme, že po presvetlení porastu alebo po jeho úplnej likvidácii sa mineralizácia zvýši a pokračuje aj podzolizačný proces (19, 54). Takýto charakter procesov je dovtedy, kým na presvetlené miesta nenastúpia byliny a trávy. Po ich objavení sa je podzolizačný proces potlačený a začína sa postupne uplatňovať mačínové obdobie. O tom, že v lesných pôdach s bylinným podrastom prebiehajú lepšie aj humifikačné aj mineralizačné procesy, je dostatočne veľké množstvo prác (1, 9, 13, 15, 23, 20, 39 a celý rad ďalších). Z prác Seifertových (36, 37, 38) i z práce Fraňa (20) je jasne vidieť, že čo sa týka nitrifikácie, so zvyšovaním presvetlenia sa intenzita nitrifikácie najprv zvyšuje a keď sa začínajú uplatňovať riedkotrsnaté a hustotrsnaté trávy, zase klesá. Podobný charakter zmien možno predpokladať aj u iných mineralizačných procesov, i keď ich maximá sa nebudú alebo nemusia zhodovať. Najvýhodnejšie bude také presvetlenie, v ktorom pri dostatočne vysokej humifikácii a jej vyrovnanosti s mineralizáciou budú aj maximá jednotlivých mineralizačných procesov.

Ak si všimneme v priebehu piatich rokov tie procesy, ktoré majú význam pri mineralizácii, najmä nitrifikáciu a mineralizáciu kyseliny nukleovej a lecitínu, nakoniec aj biologickú aktivitu, vidíme, že ich intenzita sa v pôde č. 2 zvyšuje a v pôde č. 3 znižuje. To znamená, že v prvom prípade pri súčasnom zvyšovaní sa množstva C, N, i zlepšovaní pomeru C : N, nedosiahli mineralizačné i humifikačné procesy svoje maximum, zatiaľ čo v pôde č. 3 je už pokles intenzity mineralizačných procesov i znižovanie obsahu C a N. Pôda č. 3 sa teda postupne približuje svojím charakterom

pôde č. 4, i keď sú medzi nimi ešte podstatné rozdiely a pri existencii porastu drevín ani nemôžeme čakať, aby sa jej úplne priblížila. Táto tendencia nám veľmi dobre vynikne pri grafickom znázornení.

Pri použití schematického znázornenia priebehu nitrifikácie v jednotlivých fázach lúčneho štádia mačínového obdobia podľa Seiferta (66, 67) a súčasnom schematizovaní výsledkov získaných v tejto práci, možno spomenuté mineralizačné procesy znázorniť tak, ako to ukazuje graf č. 2. Z tejto schémy nám jasne vyplýva, že maximum mineralizačných procesov bude niekde medzi fázou výbežkatých a riedkotsnatých tráv, čo môže nastať buď v poraste presvetlenom na 0,8, ak bude pokračovať rozvoj bylín a tráv, a tým aj stúpanie mineralizačných procesov až k spomínanému rozhraniu, alebo je potrebné väčšie presvetlenie, nie však až na 0,6, lebo v ňom sa nakoniec mineralizácia znižuje.

Pre pôdne vlastnosti nie je však dôležité len stúpanie či klesanie intenzity jednotlivých mikrobiálnych procesov, ale v značnej miere aj to, akou skupinou je ten-ktorý proces vykonávaný, pokiaľ nejde o taký proces ako je napr. nitrifikácia, ktorú uskutočňuje len malá skupina mikroorganizmov. V takomto prípade sa však pôsobenie nejakého faktora prejavuje najlepšie. V iných procesoch, na ktorých sa zúčastňuje veľké množstvo rozličných mikroorganizmov, nie sú rozdiely v intenzite také výrazné, alebo prakticky žiadne. Klasickým prípadom môže byť biologická aktivita, pri ktorej majú význam všetky pôdne organizmy. Ďalej je to aj amonizácia aj aeróbny rozklad celulózy. Neznamená to však, že tieto procesy nám nemôžu o vlastnostiach pôdy nič povedať. Tak napr. len pohľad na skupinovú zloženie aeróbných rozkladačov celulózy ukazuje, že charakter rozkladu celulózy musí byť úplne iný, pretože pomerné zastúpenie rozkladačov celulózy je veľmi rozdielne. Zmeny v charaktere rozkladu vyniknú ešte viac vtedy, keď si všimneme, ktoré rody, prípadne druhy rozklad vykonávajú. I keď sa v práci neuvádza podrobné druhové alebo rodové zastúpenie rozkladačov celulózy, samotné rodové zastúpenie nižších húb ukazuje, aké podstatné zmeny nastali po presvetlení u tých rodov, ktoré majú význam pri rozklade celulózy, napr. *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Stemphylium* a iné.

Podobné závislosti môžeme nájsť aj v iných prípadoch, najmä pri amonizácii a zastúpení amonizačných bacilov. Druhové zloženie amonizačných bacilov ukazuje, že v presvetlených porastoch sa zvyšuje najmä zastúpenie aktívnejších druhov. Preto je celkom pochopiteľné, že sa to musí prejavovať aj na intenzite amonizácie. Výsledky však ukazujú, že v pôde č. 4, kde je vyššie zastúpenie aktívnejších druhov, je amonizácia nižšia ako v pôde č. 3. Je však veľmi pravdepodobné, že amonizácia je tu nižšia pre celý rad iných príčin. Jednou z nich môže byť nedostatok vhodných dusíkatých zdrojov. Ďalej môže mať význam aj relatívny nadbytok amoniaku, či už pre zhoršenie podmienok jeho chemickej neutralizácie, alebo pre zníženú nitrifikáciu zhoršením aerácie.

Ako teda ukazujú získané výsledky, presvetlením nastávajú zmeny nielen v intenzite jednotlivých mikrobiálnych procesov, ale aj v ich celkovom charaktere, zapríčinenom zmenou zloženia pôdnej mikroflóry. To znamená, že sa musí značne líšiť aj charakter produktov, ktoré vznikajú ich činnosťou. Pretože pri mineralizačných procesoch je prakticky nemožné hovoriť o zmenenom charaktere konečných produktov — minerálnych látok, treba venovať pozornosť konečným produktom humifikačných procesov — humínovým kyselinám a fulvokyselinám.

Z mnohých prác je známe, že v podzolovom období značne prevládajú fulvokyseliny nad humínovými a v ďalších stupňoch vývoja pôdy ich množstvo klesá (5, 6, 28, 75). Ich vzájomný pomer nám teda môže ukazovať stupeň vývoja pôdy a ako

ukazujú získané výsledky, zlepšenie pomeru $C_{\text{Humin}} : C_{\text{Fulvo}}$ po presvetlení porastu potvrdzuje, že sa pôda vyvíja smerom k pôdam mačínového obdobia.

Ak predpokladáme, že huminové kyseliny nie sú nejaké úplne odlišné látky od fulvokyselín, ale sa od nich odlišujú len vyšším stupňom kondenzácie a polymerizácie a menšou disperznosťou a ak ich vyšší obsah je charakteristický pre vyšší stupeň vývoja pôdy (5, 6, 28, 29, 30, 31), potom aj vlastný charakter humínových kyselín svedčí o pokročilejšom stupni vývoja pôdy v presvetlených porastoch.

Zo všetkých získaných výsledkov vyplýva, že so zvyšovaním stupňa presvetlenia porastu sa urýchľuje vývoj pôd od podzolového obdobia k obdobiu mačínovému. S ohľadom na mineralizačné procesy, ktoré zabezpečujú výživu drevín, vysoký stupeň presvetlenia nie je výhodný, lebo intenzita mineralizačných procesov postupne klesá.

Analýzy nám dostatočne ukazujú, že pri hodnotení výsledkov získaných pri štúdiu nejakých zásahov do pôdy treba zreteľne odlišovať vplyv zásahu na vývoj pôdy a vplyv na vytvorenie takých podmienok, kde je zabezpečená aj dostatočná výživa rastlín, pretože v mnohých prípadoch môže vyšší stupeň vývoja pôdy výživu rastlín zhoršovať.

Záver

V práci sa sledoval vplyv presvetlenia smrekového porastu na celkový charakter zastúpenia dôležitejších skupín mikroorganizmov a jednotlivých mikrobiálnych procesov. Okrem toho sa sledovali aj humusové látky.

Presvetlenie porastu sa prejavuje nasledovne:

A. So zvyšovaním stupňa presvetlenia sa zvyšuje pH, celkové množstvo C, N a P, množstvo minerálneho P_2O_5 , N/NO_3 , N/NH_3 , amonizačných baktérií a bacilov, aktinomycét, aeróbných rozkladačov celulózy a rozkladačov organických zlúčenín fosforu. Ďalej sa zvyšuje biologická aktivita, aeróbny rozklad celulózy, amonizácia, nitrifikácia a mineralizácia lecitínu a kyseliny nukleovej.

B. V pôde pastviny sú všetky spomenuté ukazovatele nižšie ako v presvetlených porastoch.

C. Najväčšie zvýšenie procesov i mikroorganizmov je spravidla v pôde porastu presvetleného na 0,6.

D. V priebehu piatich rokov sa intenzita mineralizačných procesov v pôde porastu presvetlenom na 0,8 zvyšuje a v poraste presvetlenom na 0,6 znižuje.

E. Humifikačné procesy, na ktoré možno usudzovať podľa charakteru humusových látok a humínových kyselín, sú najpriaznivejšie v pôde pastviny.

V presvetlených porastoch sú značné zmeny aj v zastúpení rodov a druhov niektorých skupín mikroorganizmov:

a) V presvetlených porastoch množstvo *Bacillus mycoides* a *B. cereus* klesá a *B. idosus*, *B. megatherium*, *B. subtilis* a *B. mesentericus* stúpa. Maximum posledných je v pôde pastviny.

b) U rozkladačov celulózy množstvo baktérií stúpa a množstvo nižších húb klesá.

c) V rodovom zložení nižších húb je najdôležitejší pokles rodov *Absidia*, *Mucor*, *Zygorhynchus*, *Mortierella*, *Penicillium* a *Verticillium* a stúpnutie rodov *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Stachybotrys*, *Humicola*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Stemphylium* a *Fusarium*.

V zložení a v charaktere humusových látok sú nasledujúce zmeny:

1. Pomer $C_{\text{Humin}} : C_{\text{Fulvo}}$ sa presvetlením zlepšuje; najlepší je v pôde pastviny.

2. V humínových kyselinách sa zvyšuje množstvo C a klesá množstvo O.
3. Disperznosť huminových kyselín klesá.
4. Absorpcia svetla rozličnej vlnovej dĺžky humínovými kyselinami sa presvetlením zvyšuje.

Celkový záver vyplývajúci zo všetkých stanovení i z dostupných literárnych údajov možno zhrnúť do dvoch bodov:

I. So stupňom presvetlenia porastu sa zvyšuje stupeň vývoja pôdy od podzolového obdobia do obdobia mačínového.

II. S ohľadom na potrebnú intenzitu mineralizačných procesov, ktorými sa uvoľňujú potrebné živiny, a s ohľadom na vyrovnanosť huminifikácie a mineralizácie sa zdá v daných podmienkach najvýhodnejšie presvetlenie na 0,7.

Literatúra

1. Abramova M. M.: Materialy k charakteristike podzolistých i dernovo-podzolistých počv. Mikroorganizmy i organičeskoje veščestvo počv, str. 209–259. (Sborník) AN SSSR, Moskva 1961.
2. Agrochimičeskije metody issledovanija počv. (Sborník) AN SSSR, Moskva 1960.
3. Aleksejeva D. M.: Vlijanije obmenných kationov H, Al i Na na dostupnosť rastenijam fosfora počvy iz fosforita. Počvovedenije (1):40–47, 1961.
4. Aristovskaja T. V.: O principach ekologičeskogo analiza v počvennoj mikrobiologii. Počvovedenije (1):7–16, 1962.
5. Beľčikova N. P.: Nekotoryje zakonomernosti soderžanija, sostava i svojstv guminovykh kislot v glavnejšich gruppach počv Sojuza SSR. Trudy počvennogo in-ta 38:33–58, 1951.
6. Beľčikova N. P.: Materialy k izučeniju gumusa podzolistých i dernovo-podzolistých jestestvennyh i osvojennyh počv Jevropejskoj časti SSSR. Mikroorganizmy i organičeskoje veščestvo počv, str. 260–290. (Sborník) AN SSSR, Moskva 1961.
7. Bernát J.: Mykoflóra lesných pôd. Preslia 26:277–284, 1954.
8. Bernát J.: Zmeny mikrobiologických pomerov pri zalesňovaní. Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae. Botanica 1 (8–9):403–418, 1956.
9. Bernát J.: Mikroflóra smrekových porastov. Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae. Botanica 2 (7–9):343–353, 1958.
10. Bernát J.: Humusstoffe der primitiven Böden. Studies About Humus, str. 15–25. (Sborník) ČSAV, Praha 1962.
11. Bernát J.: Mineralizácia nukleových kyselín. Sborník prací III. konference půdních mikrobiologů, ČSAV, Praha 1962.
12. Bernát J., Dúbravská V.: Mineralizácia lecitínu. Sborník prací III. konference půdních mikrobiologů, ČSAV, Praha 1962.
13. Bernát J., Novotná V.: Vplyv presvetlenia porastu na humifikáciu a mineralizáciu. Biológia 9 (4):391–397, 1954.
14. Bernát J., Seifert J.: Biologická aktivita pôd. Biológia 10 (3):285–293, 1955.
15. Brakin S. S.: O roli mnogoletých trav v nakopleniji dejatel'nogo peregoja. Počvovedenije (7):10–16, 1953.
16. Čirikov F. V.: Agrochimija kalija i fosfora. Selchozgiz, Moskva 1956.
17. Durasov A. M.: Otnošenje ugleroda k valovomu azotu v osnovnyh počvach predkavaz'ja. Počvovedenije (7):98–100, 1962.
18. Dyr J.: Zygomyceten in Waldboden der Böhmischen Länder. Studia Botanica Čechica (3–4):73–157, 1941.
19. Fedčenko M. A.: O gruppovom sostave gumusa počv lugovikovych vyrubok Archangeľskoj oblasti. Počvovedenije (1):49–58, 1962.
20. Fraňo A.: Mikrobiologické pomery v pôdach lužných lesov Podunajskej nížiny. Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae. Botanica 6 (8–10):461–491, 1961.
21. Gurfel D. B.: Razloženie trudnorastvorimých sojedinenij fosfora bakterijami iz roda Pseudomonas. Trudy in-ta mikrobiologii 11:233–237, 1961.
22. Harpstead M. I., Brage B. L.: Storage of Soil Samples and Its Effect upon the Subsequent

- Accumulation of Nitrate Nitrogen During Controlled Incubation. Soil Science Society of America Proceedings 22 (4):326–328, 1958.
23. Chalabuda T. V.: Rezultaty issledovanija mikroflory počv. Mikrobiologija 17 (4):257–278, 1948.
 24. Janke A., Holzer H.: Über die Schimmelpilzflora des Erdbodens. Zentralbl. f. Bakt. II, 79:50–74, 1929.
 25. Karpinskij N. P., Zmajatina V. B.: Fosfatnyj uroveň počvy. Počvovedenije (11):27–39, 1958.
 26. Káš V.: Příspěvek k vysvětlení fyziologicky různého chování půdy vlhké, vyschlé a několikrát vysušené. Sborník ČAZ 1, A:89–152, 1926.
 27. Klika J., Novák V., Gregor A.: Praktikum fytoecologie, klimatologie a půdoznalství. ČSAV, Praha 1954.
 28. Kononova M. M.: Problema počvennogo gumusa i sovremennye zadaci jeho izučeniya. AN SSSR, Moskva 1951.
 29. Kononova M. M.: Soveščaniye, posvjaščennoye probleme organičeskogo veščestva počvy. Počvovedenije (2):112–116, 1956.
 30. Kononova M. M.: Važnejšie itogi issledovanij počvennogo gumusa. Počvovedenije (11):43–61, 1957.
 31. Kononova M. M.: O vzaimosvjazi gumusa, rastenija i mikroorganizmov. Studies About Humus, str. 111–120, (Sborník) ČSAV, Praha 1962.
 32. Kornev V. P.: K voprosu o roli podleska v sosnovych nasaždenijach. Počvovedenije (9):813–819, 1952.
 33. Korotkov A. A.: Vlijaniye rastitel'nosti na sostav gumusa v dernovo-podzolistych počv. Počvovedenije (8):19–24, 1957.
 34. Kovrigin S. A.: Dynamika nitratov, amonija i podvižnych form fosfora i kalija pod različnymi drevesnymi porodami. Počvovedenije (7):628–642, 1952.
 35. Kozderková V., Vencliková E., Bartlová D.: Vliv kotlíkového hospodářství na mikrobiální poměry v půdě. Universitas Carolina, Biologica 3 (1):91–107, 1957.
 36. Laatsch W.: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Steinkopff Verlag, Dresden und Leipzig, 1957.
 37. Lazarev S. F.: Mikrobiologičeskaja charakteristika počv Kara-Kalpakii. Agronomičeskaja charakteristika počv. Kara-Kalpakii, str. 53–74. Izd. SAGU, Taškent 1954.
 38. Lazarev S. F.: Bioorganomineral'nyj kompleks orošajemych počv Srednej Azii. Izd. SAGU, Taškent 1954.
 39. Maľčevskaja N. N.: K mikrobiologičeskoj charakteristike nekotorych tipov lesnych počv. Počvovedenije (3):225–239, 1933.
 40. Menkina P. A.: Bakterii, mineralizujuščije organičeskije sojedineniya fosfora. Mikrobiologija 19 (4):308–315, 1950.
 41. Menkina P. A.: Mobilizacija fosfora počvy pod vlijaniem žiznedejatel'nosti bakterij, mineralizujuščich fosfoorganičeskije sojedineniya. Trudy in-ta mikrobiol. VASCHNIL 12:131–145, 1951.
 42. Mišustin J. N.: Učeniye Dokučajeva–Kostyčeva–Vil'jamsa o počve i vopros o sostave mikroorganizmov v rastitel'nyh formacijach. Mikrobiologija 19 (1):11–23, 1950.
 43. Mišustin J. N.: Zakon zonal'nosti i učeniye o mikrobných asociacijach počvy. Usp. sovr. biologii 37 (1):1–21, 1954.
 44. Mišustin J. N.: Učeniye o mikrobných asociacijach počvy i jeho razvitije. Trudy in-ta mikrobiologii 5:116–127, 1958.
 45. Mišustin J. N., Mirzoeva V. A.: Rastitel'nyye pojasa gor i ich otraženiye v sostave bakteriāl'nogo naselenija počvy. Mikrobiologija 21 (4):299–307, 1952.
 46. Mišustin J. N., Mirzoeva V. A.: Sootnošeniye osnovnyh grup mikroorganizmov v počvach raznyh tipov. Počvovedenije (6):1–10, 1953.
 47. Mišustin J. N., Puškinskaja O. I.: Ekologo-geografičeskije zakonomernosti v rasprostraneni počvennyh mikroskopičeskich gribov. Izvestija AN SSSR, ser. biol. (5):641–660, 1960.
 48. Mustafaova N. N.: Mikrobiologičeskije nabljudeniya v podzolistych počvach jeľnika-kisličnika i jeľnika-černičnika. Trudy LGU 15, ser. biol. (3):19–25, 1959.
 49. Naumova A. N.: Mineralizacija fosforoorganičeskich sojedinenij rizosfernymi i počvennymi bakterijami. Trudy in-ta mikrobiologii 11:222–232, 1961.
 50. Niethammer A.: Studien über die Pilzflora böhmischer Boden. Arch. f. Mikrobiol. 4 (1):72–98, 1933.
 51. Novogrudskij D. M.: Počvennyj gumus i mikrobiologičeskije faktory jeho obrazovanija. AN KazSSR, Alma-Ata 1959.

52. Pejve Ja. V.: Biochimija počv. Selchozgiz, Moskva 1961.
53. Peterburgskij A. V.: Obmennoje pogloščenie v počve. Vysšaja škola, Moskva 1959.
54. Pochon J., De Barjac H.: Traité de microbiologie des sols. Dunod, Paris 1958.
55. Puškinskaja O. I.: Mikroflora počv Telermanskogo opytnogo lesničestva. Trudy in-ta lesa AN SSSR 12:171—194, 1953.
56. Puškinskaja O. I.: K metodike količestvennogo učeta mikroorganizmov, sposobnyh razlagat kletčatku v počve. Mikrobiologija 23 (1):34—36, 1954.
57. Razumovskaja Z. G., Mustafafova N. N.: O biologičeskoj aktivnosti počv jefnika-kisličnika i jefnika-černičnika. Trudy LGU, ser. biol. (1):48—56, 1959.
58. Remezov N. P.: Počvennyje koloidy i poglotiteľnaja sposobnost počv. Selchozgiz, Moskva 1957.
59. Ripeckij R. T.: Roľ amonifikatoriv v mineralizacii organofosfativ. Bjul. nauk. stud. konf. 1954 roku, str. 20—21. Vid. univ. Eviv 1955.
60. Rybalkina A. V., Kononenko J. V.: Mikroflora počv jevrolejskoj časti SSSR. AN SSSR, Moskva 1957.
61. Seifert J.: Celulosové bakterie v půdách lesních porostů. Sborník ČAZ 20 (2—3):213—221, 1948.
62. Seifert J.: Amonisace a nitrifikace půd křivoklátských lešů. Sborník MAP 23 (131):364—376, 1949.
63. Seifert J.: Půdně biologická studie lesních společenstev ve Velké Fatře. Lesnická práce 29 (9—12):343—356, 1950.
64. Seifert J.: Bioorganominerální komplex jako hodnotící hledisko půdně mikrobiologických rozborů. Preslia 25:221—228, 1953.
65. Seifert J.: Mikrobiologická studie půd některých lesních typů. Preslia 27:11—20, 1955.
66. Seifert J.: Mikroby jako složka nezbytného biologického základu tvorby lesa. Rostlinná výroba 28 (3—4):314—322, 1955.
67. Seifert J.: Nitrifikace v lesních půdách. Rozpravy ČSAV 68 (3), 1958.
68. Seifert J.: Biogenost, nitrifikace a biologická aktivita půd rostlinných společenstev na Kodě u Srbska. Rozpravy ČSAV 70 (5), 1960.
69. Seifert J., Kotounová—Hanzalová L.: Vliv okrejové seče na mikrobiologické procesy v lesní půdě. Sborník ČSAZV, Lesnictví 28 (1):75—84, 1955.
70. Serdobolskij I. P., Siňjagina N. G.: Ob obmennom pogloščení fosfatov počvoj. Izv. AN SSSR, ser. biol. (3):113—119, 1954.
71. Surman K. I.: Razloženie trudnorastvorimych sojedinenij fosfora silikatnymi bakterijami. Trudy in-ta mikrobiologii 11:269—274, 1961.
72. Smirnov V. N., Griškin J. V., Usynina V. A.: O fermentativnoj aktivnosti i intensivnosti dychanija počv v lesu i na pašne. Počvovedenije (1):59—73, 1962.
73. Sperber J. I.: Solution of Mineral Phosphates by Soil Bacteria. Nature 180 (4593):994—995, 1957.
74. Timofejeva A. G.: Azotnoje i uglevodnoje pitanije počvennyh sporoobrazujuščich bakterij. Trudy in-ta mikrobiologii 3:98—124, 1954.
75. Tjurin I. V.: K metodike analiza dlja sravniteľnogo izučeniya sostava počvennogo pregenoja, ili gumusa. Trudy počvennogo in-ta 38:5—21, 1951.
76. Tomaševskaja J. G., Manzon V. D.: Vlijanije mikroorganizmov na rastvorimost fosforitnoj muki i usvojajemost fosfora rastenijami. Trudy in-ta mikrobiologii 11:260—268, 1961.
77. Viľjams V. R.: Počvovedenije. Selchozgiz, Moskva 1949.
78. Vinokurov M. A., Tjurmenko A. N.: Materialy po biologičeskomu krugovorotu azota i fosfora v lesu. Počvovedenije (7):98—103, 1958.
79. Zacharčenko A. F.: Razloženie celľjulozy v zonalnyh počvach Tadžikistana. Počvovedenije (2):54—62, 1961.
80. Zonn S. V.: Sostojanije i zadači issledovanij po voprosu o vzaimootnošenijach meždú lesom i počvoj. Trudy in-ta lesa 23:7—20, 1954.

Adresa autora:

Katedra fyziologie rastlin Univerzity Komenského Bratislava, Moskovská 2

Do redakcie dodané 22. 4. 1963

Микробиологические условия в просветленных порослях

И. Бернат

Резюме

В работе обсуждаются микробные условия в следующих четырех почвах: 1. Почва из непросветленной ельничной поросли с густотой стволов 1,0; 2. почва из ельничной

поросли просветленной на 0,8; 3. почва из ельниковой поросли просветленной на 0,6; 4. почва из пастбища возникшего после вырубке части ельниковых порослей.

Полученные результаты показывают, что в просветленных порослях происходит накопление углерода, азота и фосфора, причем улучшается также pH. Одновременно повышается количество отдельных физиологических и систематических групп микроорганизмов и переменяется их родовое и видовое сложение. Повышается интензивность микробильных процессов и переменяется характер гумусовых веществ.

В поросли просветленной на 0,8 характер микробильных процессов существенно благоприятнее чем в непросветленной поросли. Хотя в поросли просветленной на 0,6 условия в общем благоприятнее чем в поросли с просветлением на 0,8, но с точки существования леса эта степень просветления не является выгодной, потому что здесь уже начинает проявляться дерновый период а интензивность микробильных процессов в течение года понижается. Условия этой почвы начинают приближаться условиям почвы пастбищ.

Что такие перемены действительно происходят, на это указывают очень хорошо анализы гумусовых веществ: улучшается отношение $C_H : C_F$, переменяется элементарный состав и степень дисперзионности гуминовых кислот.

Перемену характера почвообразовательного процесса хорошо подтверждает между прочим замещение низших грибов — выразительно уменьшается релативное замещение родов *Mucor* и *Penicillium* и повышается замещение рода *Fusarium*. Перемены проявляются также в замещении отдельных видов амонизационных бациллов.

Из Всех результатов вытекает, что из точки необходимой интензивности микробильных процессов и желательного характера почвообразовательного процесса является необходимым просветление приблизительно на 0,7.

Mikrobiologische Verhältnisse in durchgeleuchteten Beständen

J. Bernát

Zusammenfassung

In der Arbeit habe ich mikrobiale Verhältnisse in folgenden vier Böden verfolgt: 1. Boden eines unbeleuchteten Fichtenbestandes mit „Bestockung“ 1,0; 2. Boden aus einem an 0,8 beleuchteten Fichtenbestand; 3. Boden aus einem an 0,6 beleuchteten Fichtenbestand; 4. Boden aus einer nach der Auslichtung eines Teiles des Fichtenbestandes entstandenen Weide.

Die gewonnenen Resultate zeigen, dass in beleuchteten Beständen eine Anhäufung des Kohlenstoffes, Stickstoffes und Phosphors stattfindet, wobei sich auch pH bessert. Gleichzeitig erhöht sich auch die Zahl der einzelnen physiologischen und systematischen Mikroorganismengruppen und ändert sich ihre Gattungs-, bzw. Art-Zusammensetzung. Es erhöht sich die Intensität der mikrobialen Prozesse und ändert sich das Charakter der Humusstoffe.

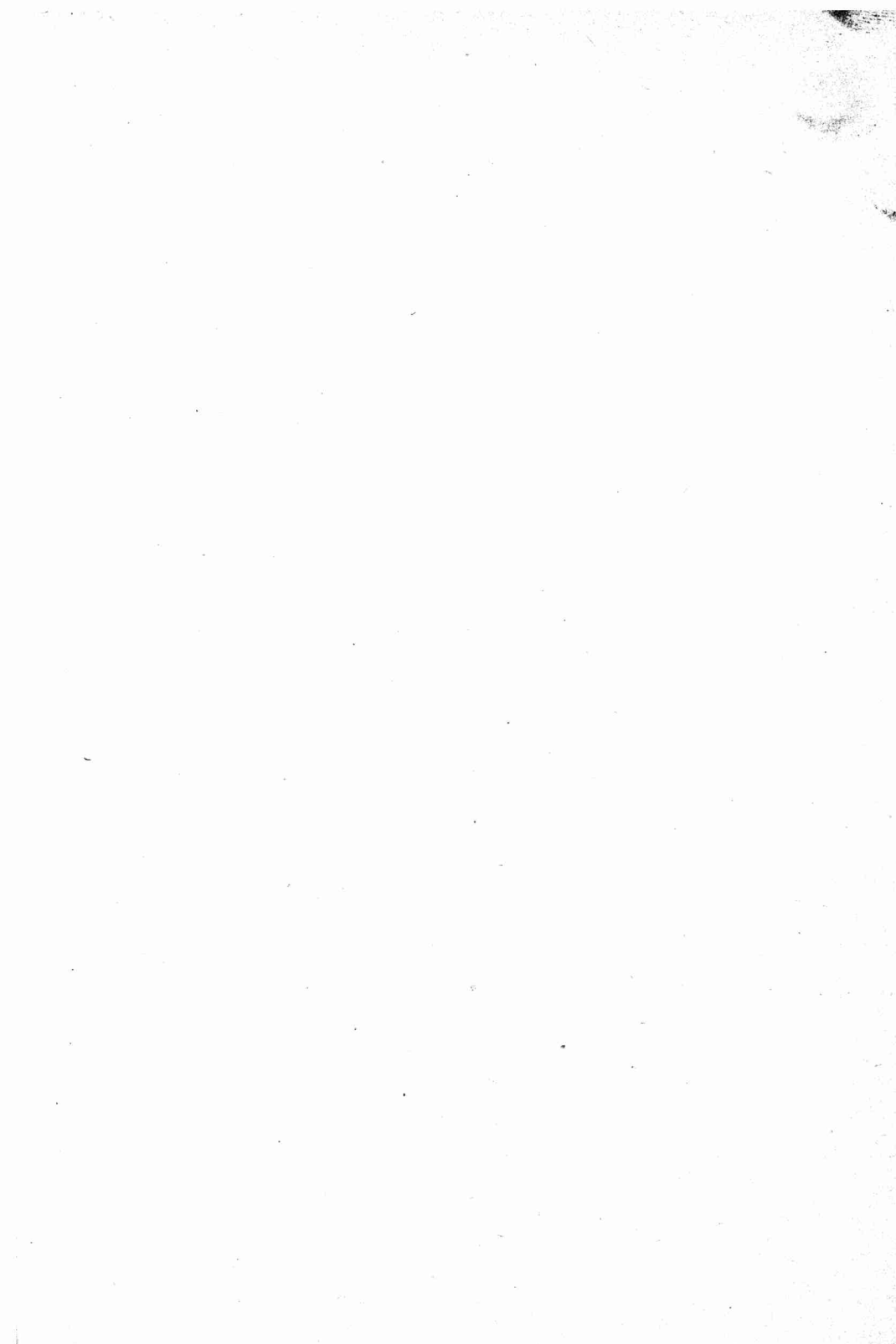
In einem an 0,8 durchleuchteten Bestand ist das Charakter der mikrobialen Prozesse wesentlich günstiger als in einem unbeleuchteten. Wenn auch in einem an 0,6 durchleuchteten Bestande im Vergleich mit einem an 0,8 durchleuchteten Bestande günstigere Umstände herrschen, doch ist diese Beleuchtungsstufe für den Wald aus Existenzrücksichten ungünstig, weil es sich hier schon die Rasenperiode geltend macht und im Jahresverlauf die Intensität der mikrobialen Prozesse abnimmt. Die Verhältnisse in diesem Boden beginnen sich allmählich den Verhältnissen im Weidenboden zu nähern.

Das Eintreten dieser Veränderungen wird sehr gut durch Analysen der Humusstoffe bezeugt. Das Verhältnis $C_H : C_F$ wird besser, es ändert sich elementare Zusammensetzung und Dispersionsstufe der Huminsäuren.

Die Vertretung der niedrigeren Pilze bietet einen weiteren guten Beweis für die Änderung im Charakter des bodenbildenden Prozesses — die relative Vertretung der Gattung *Mucor* und *Penicillium* wird ausdrücklich geringer, es vergrößert sich dagegen die Vertretung der Gattung *Fusarium*.

Auch in der Vertretung der einzelnen Arten von Ammonisationsbazillen treten Veränderung ein.

Aus allen Resultaten geht hervor, dass aus Rücksichten der notwendigen Intensität der mikrobialen Prozesse und des erwünschten Charakters des bodenbildenden Prozesses ist eine Beleuchtung um 0,7 nötig.



ACTA FACULTATIS RERUM NATURALIUM UNIVERSITATIS COMENIANAE

sú fakultný zborník určený k publikáciám vedeckých prác interných a externých učiteľov našej fakulty, interných a externých aspirantov a našich študentov. Absolventi našej fakulty môžu publikovať práce, v ktorých spracovávajú materiál získaný za dobu pobytu na našej fakulte. Redakčná rada vyhradzuje si právo z tohto pravidla urobiť výnimku.

Práce musia byť doporučené katedrou. Práce študentov musia byť doporučené študentskou vedeckou spoločnosťou a príslušnou katedrou.

Publikovať možno v jazyku slovenskom alebo českom, prípadne v ruskom alebo anglickom, francúzskom alebo nemeckom. Práce podané na publikovanie majú byť písané strojom na jednej strane papiera, ob riadok, tak aby jeden riadok tvorilo 60 úderov a na stránku pripadlo 30 riadkov. Rukopis treba podať dvojmo a upraviť tak, aby bolo čo najmenej chýb a preklepov. Nadmerný počet chýb združuje tlač a ide na účet autora.

Rukopis upravte tak, že najprv napíšete názov práce, pod to meno autora. Pracovisko, pokiaľ je na našej fakulte, sa neuvádza. Iba tam, kde je viac spolupracovníkov a niektorý z nich je z mimofakultného pracoviska, sa uvádzajú všetky pracoviská. Tiež tam, kde práca bola vypracovaná na dvoch pracoviskách, treba ich obidve uviesť.

Fotografie načím podať na čiernom lesklom papieri a uviesť meno autora, zmenšenie a text pod obrázok. Kresby treba urobiť tušom na priehľadnom papieri (pauzák) alebo na rysovacom papieri a taktiež uviesť meno autora, zmenšenie a text pod obrázok.

Každá práca musí mať resumé v ruskom a niektorom západnom jazyku. K prácam, publikovaným v cudzom jazyku, načím pripojiť resumé v slovenskom (českom) jazyku a v jazyku západnom v prípade publikácie v ruskom jazyku, alebo v ruskom jazyku v prípade publikácie v jazyku západnom. *Nezabudnite pri resumé uviesť vždy názov práce a meno autora v rovnakom poradí ako v základnom texte. Za správnosť prekladu zodpovedá autor.*

Autori dostávajú stĺpcové a zlímané korektúry, ktoré treba do 3 dní vrátiť. Rozsiahlejšie zmeny v priebehu korektúry idú na farchu autorského honoráru. Každý autor dostane okrem príslušného honoráru i 50 separátov.

R e d a k č n á r a d a.

K. Erdelský: Vplyv X-lúčov na prvé vývinové fázy kukurice	621
V. Dúbravská: Charakteristika nepohlavnej a pohlavnej formy <i>Penicillium griseum</i> (Sopp) Thom	717
J. Bermát: Mikrobiologické pomery v presvetlených porastoch	729

К. Ерделски: Влияние X-лучей на ранние стадии развития кукурузы	713
В. Дубравска: Характеристика сексуальной и асексуальной формы <i>Penicillium gri-</i> <i>seum</i> (Sopp) Thom	728
И. Бернат: Микробиологические условия в просветленных порослях	757

K. Erdelský: The effect of X-rays on first development stages of maize	715
V. Dúbravská: Charakterisation of Sexual and Asexual Forms of the <i>Penicillium</i> <i>griseum</i> (Sopp) Thom	728
J. Bernát: Mikrobiologische Verhältnisse in durchgeleuchteten Beständen	758