

Nukleinfoszforsav szintézise a bab csíranövény gyökerében és hajtásában

N. G. POTAPOV és MARÓTI MIHÁLY

Eötvös Loránd Tudományegyetem Növényélettani Intézet, Budapest

A gyökér és hajtás merisztémáit osztódás és növekedés szempontjából kitüntetett helyeknek kell tartanunk [4, 9, 32, 33, 34]. A növényekben található merisztémák azonban nem egyenlő értékűek, anyagseréjük nem azonos [8]. Ez feltehető azon tény alapján, hogy egyrészt a különböző merisztémák mennyisége igen változó az egyes növényi szervekben [17, 26, 36], másrészt pedig a merisztémák által létrehozott sejtelemekek és szövetek változatossága is erre mutat [29, 30]. Továbbá a kontrolált viszonyok között megvalósított excizált szervkultúrák tenyésztési feltételei és igényei is erre engednek következtetni [1, 15, 22, 23, 42]. A különböző merisztémák növekedési szükségletének meghatározása bizonyos mértékben definiálja anyagseréjük között levő specifikus különbségeket [8, 29, 30, 40, 41]. Feltehető, hogy az osztódásban és növekedésben megmutatkozó anyagcsere különbség rávilágít az illető szervnek a növény életében játszó szerepére is [20, 38, 43]. Ez a feltételezés adta számunkra az alapot ahhoz, hogy a gyökér és hajtás merisztémáit, illetve a csíranövények földfeletti és földalatti szerveit anyagcsere szempontjából összehasonlítsuk.

A szakirodalomban főleg a gyökér anyagseréjének vizsgálatával találkozunk, s ennek oka abban keresendő, hogy gyökértényeszetek steril viszonyok között könnyebben megvalósíthatók, mint szárvkultúrák. 1922 óta, midőn K o t t e [19, 20] és R o b b i n s [28] egyidőben sikeres szervkultúrák létesítéséről először számoltak be, jelentős számú dolgozat foglalkozik a gyökerek tenyésztésével és analizisével. Igazi szártényeszetekről azonban, amelyek W h i t e [42], R o b b i n s [28] B o n n e r [2, 3] és mások által leírt gyökérkultúrákhoz hasonlíthatók, csak L o o [22, 23] dolgozata ad számot az *Asparagus* és *Cuscuta* száresúcsa esetében.

A kísérleti eredményekből kétségtelül megállapítható, hogy a gyökér képes növekedni a földfeletti részek nélkül is, amennyiben biztosítjuk számára a megfelelő tápláló anyagot [6, 7, 12, 13, 24, 31, 37, 40, 41]. Ugyanaz nem mondható el az excizált száresúcsokról. D e R o p p [32, 33, 34] szerint a rozs hajtásúcsai a tápoldatban csak az első lomblevél kifejlődéséig növekedtek, utána megálltak. Ha azonban a hajtásdarabkán gyökérkezdemények jelentek meg, bár ezek nem értek a táptalajba, a hajtásúcs újra növekedésnek indult. A földfeletti részek növekedése tehát függ a gyökértől. A tény ismert, de mechanizmusa, a sejten belüli összefüggések tisztázatlanok. Ennek oka az, hogy egyrészt a gyökér és hajtás anyagseréjét mindeztideig külön-külön vizsgálták az egyes kutatók, másrészt pedig legtöbbször a hosszmerésből adódó eredményekkel is megelégedtek, mivel így nem kellett a kultúrákat megsemmisíteniük [5]. Egy növény gyökér és hajtás merisztémájában, illetve ennek növekményében végzett összehasonlító anyagcsere vizsgálat közlésével azonban, amely a hosszmerési és szárazanyag-gyapardási adatokon kívül a nukleinsavfoszfor változásait is figyelembe veszi, mindeztideig nem találkoztunk az irodalomban.

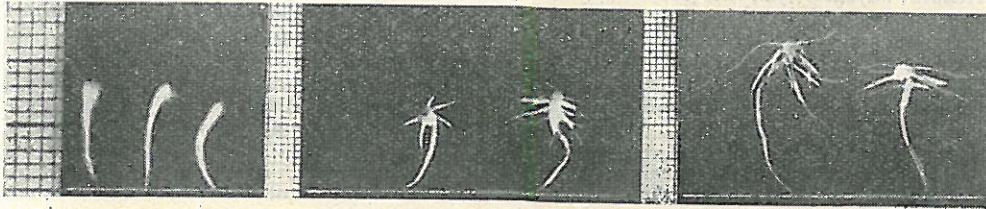
Célunk a gyökér és hajtás azonos körülmények között növekvő részeit paralel analizálva vizsgáljuk a két szerv különbségének okait. A múlt évben elvégzett előzetes vizsgálatainkból megállapítottuk, hogy a gyökér és hajtás merisztémáiban határozott különbség mutatkozott. A gyökérben lényegesebben nagyobb sejtszámot, határozottabb differenciálódási sebességet és intenzívebb osztódási ütemet találtunk, mint a hajtásúcsban [26, 27]. Az anyagcsere folyamatokkal összefüggő osztódás és differenciálódás ütemének okait igyekeztünk tisztázni. A merisztémák sejtszáma, az osztódás és differenciálódás üteme, valamint a nukleinsavak mennyisége között határozott összefüggés volt észlelhető a csíranövényben. A gyökér nukleinsav-tartalma bizonyult nagyobb-nak szervre, illetve egy-egy sejtre való átszámításkor [27].

Munkahipotézisünk szerint a gyökér merisztématikus helyeit intenzívebb fehérje és nukleinsav szintetizáló helyeknek tekinthetjük, mint a hajtás megfelelő részeit. Az itt szintetizált fehérje és nukleinsavak, vagy ezek építői lebontódva azután a növény többi szervébe is elvándorolhatnak [13, 18, 25].

Hogy a két szerv merisztémájának, illetve fiatal tájainak anyagseréje és ebből is elsősorban a nukleinsavak szintézise, illetve viszonya kétségtelenül összehasonlítható legyen, steril körülmények között a bab csíranövény egyes szerveiben vizsgáltuk az összfoszfor és nukleinsavfoszfor, továbbá a szárazanyag-tartalom és hossz-növekedés mennyiségi viszonyait, illetve ezeknek változásait a csíranövény fejlődése folyamán, mégpedig mind az intakt (sértetlen) csíranövényben, mind izolált szerveiben.

Vizsgálatai anyag és módszer

Kísérleti anyag a *Phaseolus vulgaris* „Cukorpaszuly” tájfajta. A magokat 1%-os bróm-vízben 10 percig fertőtlenítve a brómot 48 órai steril légkörben szellőzéssel távolítottuk el. Csíráztatás White-féle ásványos törzsoldatot, 2% szaharózt és élesztőkivonatot tartalmazó 1%-os agar-agar táptalajon sterilizált Petri-csészében, illetve kémcsőben 2, 4, 6 napig történt. A kihajtott csíranövények egy részét (a szervek nagyságától függően 50—100 db-t) analizáltuk, másik részéből pedig gyökér, illetve hajtás excisiókat készítettünk és azokat még hat napig kellően sterilizált cukros, vitaminos (niacin, piridoxin, tiamin) White-féle agar-agaros (2%) táptalajon nagyméretű kémcsőben, illetve Petri-csészében tenyésztettük. Az eszközöket hőlégmentesítőben, a táptalajokat autoklávban, az oltószobát oxichinolinnal és kvarclámpával sterilizáltuk a szokásos módon. A különböző ideig hajtatott és még 6 napig inkubáltatott gyökér és hajtás részeket 27—28 C°-on üvegajtós termosztátban neveltük természetes fényviszonyok mellett. Az inkubáció kezdetén és végén az egyes szerveket külön-külön analizáltuk. Mértünk gyökér és szár hosszúságot, frissúlyt és szárazanyag-tartalmat, valamint az összfoszfor alapján nukleinsavfoszfort mind az inkubáció kezdetén, mind



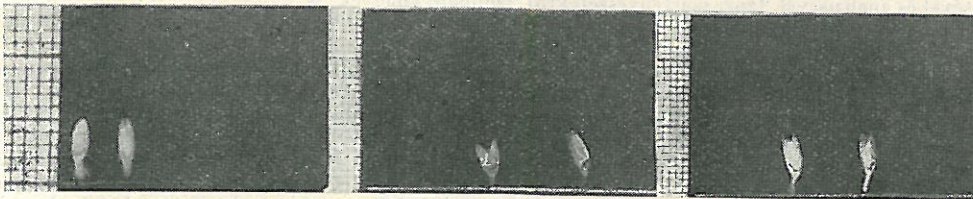
2

4

6

1. ábra

Bab csíranövény gyökérzete sértetlen (intakt) kulturából, 2—4—6 napos



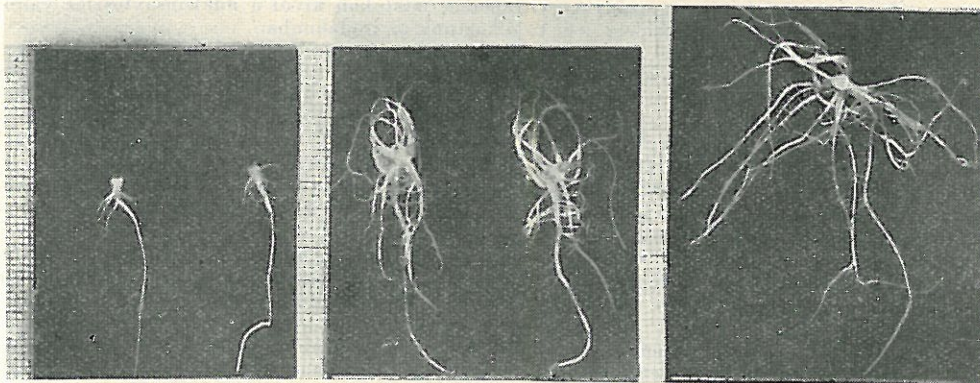
2

4

6

2. ábra

Bab csíranövény sziklevél feletti hajtása sértetlen (intakt) kulturából, 2—4—6 napos



2 + 6

4 + 6

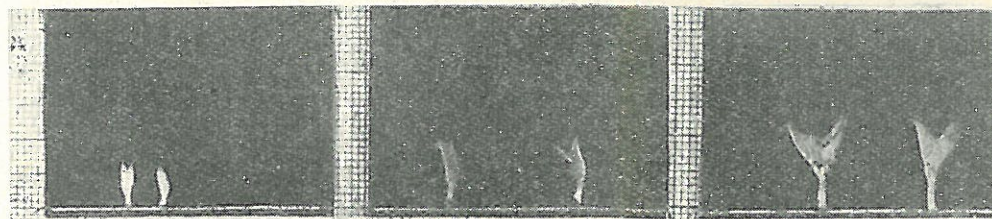
6 + 6

3. ábra

Bab csíranövény gyökérzete izolált kulturából, 2 + 6, 4 + 6, 6 + 6 napos

a végén. A foszfort Taylor — Miller [39], illetve Roth [35] módosított eljárása szerint Pulfrich fotométerrel határoztuk meg, a nukleinsavat, illetve ribo- és dezoxiribonukleinsavat pedig Lavib — Harrington — Buckaloo [21] módszerével mértük.

A számadatok a foszfor analízisnél három paralel kettős heméréséből, tehát 6 mérés átlagából adódnak. Az egyes mérések között az eltérés $\pm 8\%$ -nál nem volt nagyobb. A hosszúság és szárazanyag megállapítása pedig 4, illetve 5 mérés átlagának eredménye. A közölt számértékeket részben egy-egy szervre számítottuk át, részben a szárazanyag és frissúly százalékában fejeztük ki.



2 + 6

4 + 6

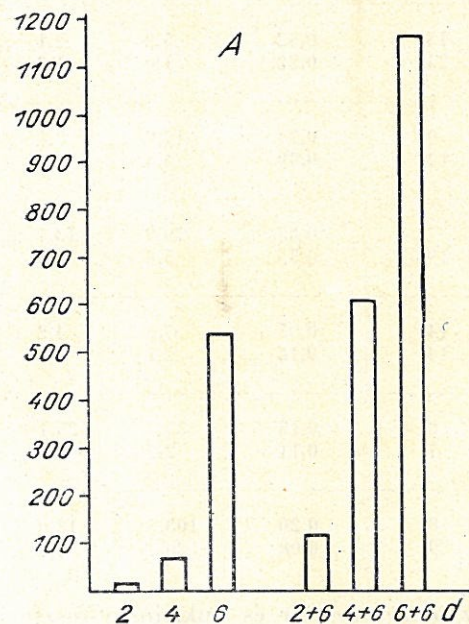
6 + 6

4. ábra

Bab csíranövény sziklevél feletti hajtása izolált kulturából, 2 + 6, 4 + 6, 6 + 6 napos. A képek melletti mérték egy-egy beosztása 2 mm-nek felel meg

Az analíziseket, valamint a hosszmerést és szárazanyag gyarapodásának ellenőrzését a csíráztatás 2, 4, 6 napja (1. és 2. ábra), illetve az ettől számított 6 nap inkubáció után végeztük (3. és 4. ábra). 6 napos inkubáció alatt ugyanis a táplálóoldat még kielégítő volt az egyes szervek részére és a hajtáskultúrák még nem gyökeresedtek meg. A változó csíráztatási idő a foszfor-beépülés esetleges megindulásának könnyebb regisztrálását célozta. Jelen dolgozat csak a gyökér és hajtás hossz-növekedésének, szárazanyag gyarapodásának és foszfor-anyagcseréjének időbeli és szervbeli változásait tárgyalja, mind a teljes csíranövény, mind az izolált szervkultúrák esetében. A sziklevelék, hipokotil és primér lomblevelék növekedésének viszonyairól később számolunk be.

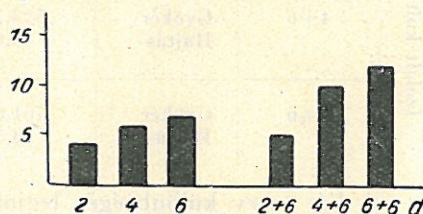
mm/1szerv



Kísérleti eredmények

A szervek hosszmerési adatai alapján a gyökér jóval nagyobb növekedési ütemet mutat, mint a hajtás (5. ábra). Ez a tendencia a főgyökérnél is, de főleg az összes gyökérzetnél mutatkozik meg. A teljes növény esetében az összes gyökér hossza a vizsgált idő alatt kezdeti hosszának mintegy 30-szorosára növekedett (17 mm-ről 542 mm-re), míg a

mm/1szerv



5. ábra

Bab csíranövény gyökérzetének (A) és hajtásának (B) hossz-növekedése sértetlen (intakt) és izolált kulturában. Ord.: egy szerv hosszúsága mm-ben. Abs.: a csíranövény életkora napokban

sziklevél feletti, primér lomblevél nélküli hajtásrész ugyanezen idő alatt eredeti nagyságának mintegy kétszeresét érte csak el (4 mm-ről 7 mm-re). Excizált kulturánál is igen nagy különbség mutatkozik; a gyökér 117 mm-ről 1165 mm-ig növekedett, tehát mintegy 10-szeres a gyarapodás, ugyanekkor a hajtásrész csak kb. a kétszeresére, 5 mm-ről 12 mm-re növekedett. Ha most az izolálásban növekedett gyökérrész növekedését hasonlítjuk össze az ép növényen fejlődött gyökérrésszel, azt látjuk, hogy a különböző időpontokban a növekedés különbsége 7-szeres és 2-szeres között mozog (17 mm-ről 117 mm-re és 542 mm-ről 1165 mm-re), ugyanakkor a hajtásnál ez az arány sohasem érte el a kétszeresét (4 mm-ről 5 mm-re és 7 mm-ről 12 mm-re). A gyökér határozottan nagyobb növekedési ütemével megegyező a gyökér- és hajtáscsúcs sejtszám gyarapodása is, ahol a gyökércsúcs mindig nagyobb osztódási ütemű, mint a hajtáscsúcs [26, 27].

A kulturák frissúly és szárazanyag gyarapodását egybevetve azt tapasztaljuk, hogy a hajtásrész szárazanyagának növekedése főleg a teljes csíranövény esetében intenzívebb, mint a gyökérrészé. (1. táblázat és 6. ábra). Ép csíranövényben a hajtásrész szárazanyagtartalma a frissúlynak mintegy 17—25%-a, a gyökérnél pedig kb. 7—15% csak. Izolált szervkulturában a gyökérnél is, hajtásnál is kb. 7—14% a szárazanyag részesedése a teljes súlyból.

1. táblázat

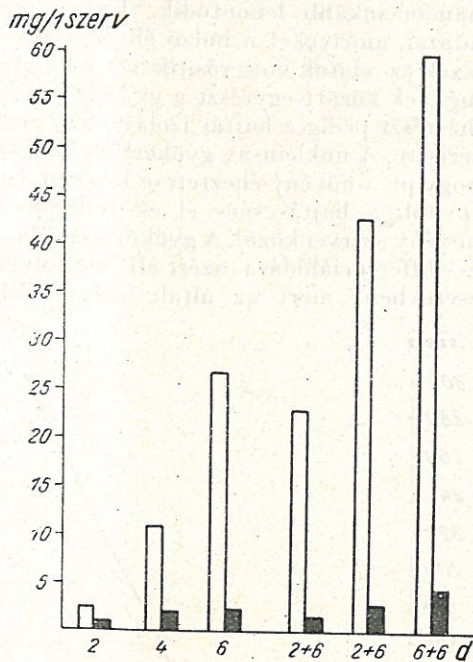
A bab (*Phaseolus vulgaris*) csíranövény gyökérzete és hajtása frissúlyának, szárazanyagának és nukleinsavfoszfor (RNS-P, DNS-P) tartalmának változása sértetlen növényen és izolált szervkulturában

	(1) Tenyésztési idő napokban	(2) Szerv	(3) Frissúly mg/l szerv	(4) Szárazanyag tartalom a frissúly %-ban	(5) NS-P a száraz- anyag %-ban	(6)	
						RNS-P	DNS-P
:/1 szerv							
Sértetlen kultúra	2	Gyökér Hajtás	15,7 4,0	15 25	0,32 0,22	5,8 1,0	2,1 1,3
	4	Gyökér Hajtás	119,9 11,7	9 17	0,24 0,30	17,9 4,4	8,8 1,6
	6	Gyökér Hajtás	371,2 11,8	7 19	0,25 0,35	79,9 5,8	13,7 1,9
Izolált kultúra	2+6	Gyökér Hajtás	164,0 11,8	14 14	0,05 0,18	7,0 1,1	4,2 1,9
	4+6	Gyökér Hajtás	523,5 43,6	8 7	0,15 0,11	37,7 2,7	25,1 0,6
	6+6	Gyökér Hajtás	761,6 48,3	8 9	0,20 0,08	103,5 20,7	18,0 3,7

A két szerv különbségét legjobban az összes foszfor és nukleinsav-foszfor alakulásának viszonya fejezi ki (1. táblázat és 7. ábra). A gyökér összes foszfor tartalma mind a teljes növényben, mind az izolált kulturában folyamatos intenzív emelkedést mutat. A hajtásban csak mérsékelt az emelkedés: a foszfor görbe külö-

nösen a 4. nap után laposodik el. Ez — különösen izolált kulturáknál — azt a feltevést támogatja, hogy a hajtáscsúcs kezdetben a környezetétől (sziklevél, gyökér) kapja a kész építőanyagot és mihelyt önálló szintézisre kényszerülne, erősen lecsökken a foszfor tartalma (7. ábra).

A nukleinsavfoszfor szervere számított értékei még jobban kidomborítják a gyökér és hajtás anyagcsere különbségét. Már a (teljes) sértetlen növényben a gyökér (nukleinsavfoszfor) NS-P-tartalom gyarapodása jelentősen nagyobb intenzitást mutat, amennyiben a kezdeti 2 napos állapottól a 6 napos állapotig a NS-P több mint tízszeresére emelkedik (7,9 γ -ról 93,6 γ -ra). Ugyanakkor a hajtásnál ez az emelkedés kb. csak háromszoros (2,3 γ -ról 7,7 γ -ra). Az emelkedő tendenciát a gyökér az izolálásban is megtartja, ha nem is ilyen arányokban, az excizált hajtás azonban jóformán alig mutat emelkedést. Sőt ha a 4 és 6 napos sértetlen (intakt) növényről vett hajtás adatait összehasonlítjuk a megfelelő 6 + 6 napos izolált hajtás adataival, határozott csökkenést állapítunk meg (6,0 γ -ról 3,3 γ -ra és 7,7 γ -ról 3,7 γ -ra). A 7. ábrán látható, hogy a gyökérben mindkét kulturában határozott ésfokozatos a NS-P emelkedés, a szárban pedig az izolált kulturákban gyarapodást nem találunk, hanem inkább csökkenés tapasztalható.



6. ábra

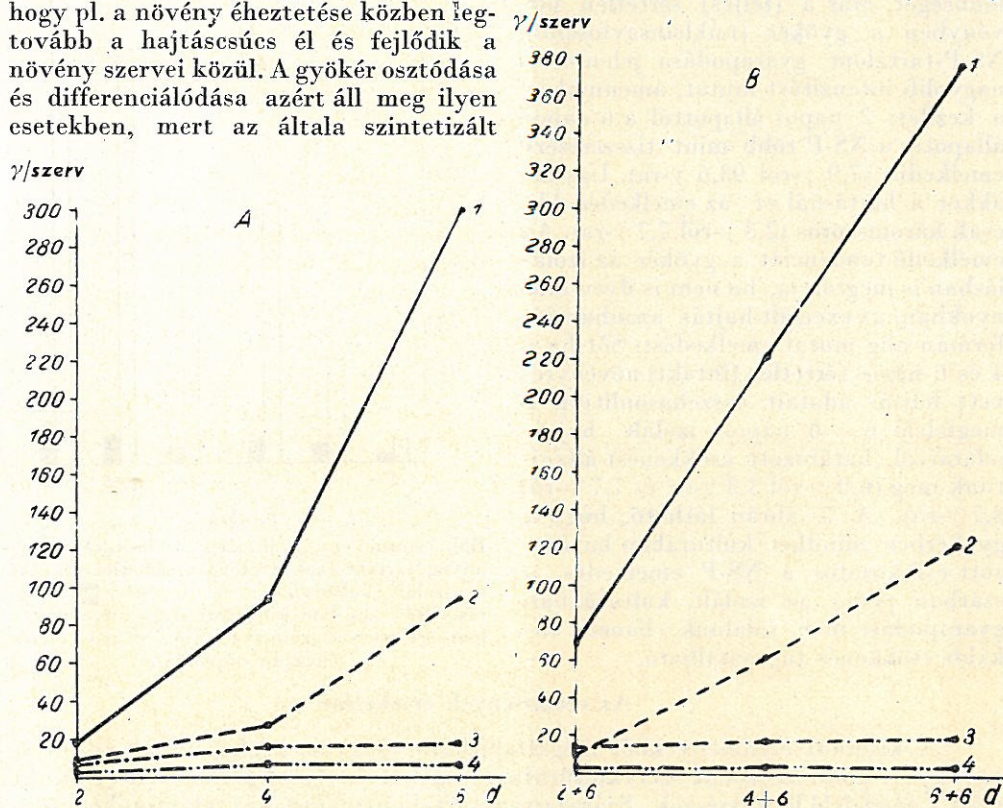
Bab csíranövény gyökérzete és hajtása szárazanyag tartalmának változása sértetlen (intakt) és izolált kulturában. □ = gyökér, ■ = hajtás. Ord.: mg-ban kifejezett szárazanyag tartalom egy szervere számítva. Abs.: a csíranövény életkora napokban

Az eredmények értékelése

A kísérleti eredményekből megállapítható, hogy a gyökér mind az intakt növényen, mind az izolált szervkultúrában nagyobb hosszúsági növekedést mutat, mint a megfelelő hajtásrészek. Szárazanyagtartalom gyarapodás tekintetében azonban már nem ilyen egyértelmű a gyökér helyzete, mert teljes csíranövényben a hajtás százalékos tartalma nagyobb, mint a gyökéré. Feltehető, hogy a hajtásnak ez az aránylag kedvezőbb szárazanyagtartalma, azzal függ össze, hogy a teljes növény elsősorban a szárba szállítja a tápláló anyagokat, ha azok a gyökérben szintetizálódtak is, mint K o n a r e v [18] és F r i e s [13] kimutatta. Excizált kulturában a két szerv szárazanyag gyarapodása egyenlő arányban van. Ez a gyarapodás azonban csak részben függ a szervek hosszúsági növekedésétől és inkább a sejtek számával arányos. Egyes sejtek ugyanis eredeti hosszúságuknak többszörösét is elérhetik szárazanyagtartalmuk változása nélkül [8].

A szervek foszfor gyarapodásának adatai azt mutatják, hogy mind az össz-P, mind a NS-P csak a gyökérben emelkedik folyamatosan, a hajtásban a gyarapodás kicsiny, sőt az izolált kulturákban a NS-P inkább csökkenést mutat. Ez a jelenség megengedi azt a következtetést, hogy az ép növényben mutatkozó NS-P gyarapodást

ne a hajtás szintézisének tartjuk, hanem a gyökérből, sziklevélből való anyagvándorlás eredményének, ugyanis izolálás után a NS-P tovább nem növekszik, hanem inkább lebontódik. Ezt a lehetőséget alátámasztják Konarev [18] adatai, amelyeket a borsó éheztetésével a nukleinsavak viselkedésénél tapasztalt. Ezek az adatok megerősítik azt a hipotézisünket, hogy a vizsgált anyagon és körülmények között egyrészt a gyökér intenzívebben szintetizál NS-P-t, mint a hajtás, másrészt pedig a hajtás izolálásban nem, vagy alig képes a nukleinsavfoszfor szintézisére. A nukleinsav gyökérben való szintézisének nem mond ellent az a jelenség, hogy pl. a növény éheztetése közben legtovább a hajtáscsúcs él és fejlődik a növény szervei közül. A gyökér osztódása és differenciálódása azért áll meg ilyen esetekben, mert az általa szintetizált



7. ábra

Bab csíranövény gyökérzete és hajtása össz-P és NS-P-tartalmának változása sértetlen (intakt) (A) és izolált kultúrában (B). 1 = össz-P a gyökérzetben, 2 = NS-P a gyökérzetben, 3 = össz-P a hajtásban, 4 = NS-P a hajtásban. Ord.: γ -ban kifejezett P-tartalom egy szervere számítva. Abs.: a csíranövény életkora napokban

anyagokat a hajtáscsúcsnak juttatja, amint ezt Fries [13] és Konarev [18] megállapította. Fries szerint ezt a szintetizáló elégtelenséget meg lehet szüntetni a gyökérben azáltal, hogy a táplálóoldatot megfelelően kiegészítjük pl. argininnel, glicerinrel, adeninnel.

A két NS-frakció változásainak értelmezését a szervek növekedésével kapcsolatos sejtszám-gyarapodással — amely munkánk további fázisát fogja képezni — kívánjuk bővebben kifejteni. Annyit azonban már most is megállapíthatunk, hogy a (ribonukleinsavfoszfor) RNS-P gyarapodása, amelyet a szövetdifferenciálódással és növekedéssel hoznak közvetlen kapcsolatba [4, 9, 10, 11, 16, 18], a gyök-

kérben mindkét kulturában emelkedő tendenciát mutat, a hajtásban pedig csak az ép növénynél. Az izolált hajtásban, ahol az össz-NS-P szintézise alig mutat emelkedést, a két frakció aránya is változik, amelyre bővebb magyarázatot a sejtszámolás eredményétől remélünk.

A nukleinsavfoszfornak a szárazanyagtartalom %-ában való kifejezése (1. táblázat) első pillanatban a fent kifejtettekkel szemben az ellenkezőt látszik bizonyítani. Az ép kulturákban a hajtás 1–1 mg szárazanyagára a 2. naptól kezdve több NS-P esik, mint a gyökér 1–1 mg szárazanyagára. Ez azonban még nem kétségtelen bizonyíték a szintézis mellett, legfeljebb a több szerző [18] által említett anyagvándorlást bizonyítja. Ha ugyanis ezeket a teljes növény sértetlen (intakt) szerveiből nyert adatokat összevetjük az izolált szervek adataival, azt látjuk, hogy a hajtás százalékos aránya mindinkább csökken, a gyökéré meg emelkedik és 4 + 6 napos izolált kulturában a gyökér 1–1 mg szárazanyagára már valamivel több NS-P esik, mint a hajtásnál. A 6 + 6 napos izolált kultúrában pedig már két és félszer nagyobb 1–1 mg szárazanyag NS-P tartalma a gyökérben, mint a hajtásban.

Úgy véljük, ezek az adatok nem gyengítik, hanem inkább erősítik az előbbieken kifejtett következtetésünket, hogy a hajtás az általunk alkalmazott kísérleti körülmények között alig képes NS-P szintézisre, míg a gyökér erre képesnek látszik.

Következtetések

A kísérleteinkben kapott eredményekből megállapíthatjuk, hogy az általunk alkalmazott, hossznövekedést és anyaggyarapodást, valamint foszforszintézist együttesen figyelembe vevő vizsgálati módszer alkalmasnak látszik a gyökér és hajtás növekedésének vizsgálatára. A fiatal gyökér mindkét kulturában intenzívebb hossznövekedést mutat, mint a hajtás, amely jelenség a szervek nukleinsavfoszfor tartalmának változásával kielégítően magyarázható. A hajtás szárazanyag tartalmának gyarapodása viszonylag nagyobb, mint a gyökéré.

Egy-egy szervere számított összfoszfor és nukleinsavfoszfor gyarapodása mind az ép növényen, mind az izolált szervekben nagyobb ütemet mutat a gyökérben, mint a hajtásban. A szervek szárazanyag %-ában megadott nukleinsavfoszfor aránya az intakt növényen a hajtásban kedvezőbb, mint a gyökérben. Izolációban azonban megváltozik az arány és a 6 + 6 napos izolált kulturákban a gyökér szárazanyagában már két és félszer több NS-P található, mint a hajtás szárazanyagában. Tehát a hajtás izolációban alig képes a NS-P szintézisére, míg a gyökér erre képes. Teljes növény esetében a hajtás kedvező NS-P ellátottságát azzal magyarázhatjuk, hogy a gyökérben szintetizált anyag a hajtásba vándorol, mint ezt irodalmi adatok [13, 18] is megerősítik.

Összefoglalás

A kontrolált és steril viszonyok között nevelt bab csíranövény gyökerének és szárának hossznövekedését, szárazanyag gyarapodását és nukleinsavfoszfor tartalmának változásait analizáltuk sértetlen növényeken és izolált szervkulturákban. Munkánk idevágó eredményeit összegezve, az alábbiakat állapíthatjuk meg:

1. Az általunk alkalmazott steril metodika alkalmasnak látszik a fiatal gyökér és hajtás nukleinsav változásának összehasonlító vizsgálatára.
2. Kísérleteinkben a fiatal gyökér mind a sértetlen, mind az izolált kulturában intenzívebb hossznövekedési ütemet mutat, mint a hajtás.
3. A hajtás viszonylagos szárazanyag gyarapodása nagyobb, mint a gyökéré.
4. A szervere számított összes foszfor és összes nukleinsavfoszfor gyarapodása mind az ép növényen, mind az izolálásban nagyobb

ütemet mutat a gyökérmél, mint hajtásnál. 5. A szervek szárazanyag %-ban megadott nukleinsavfoszfor aránya az ép növényen a hajtásnál kedvezőbb, de izolálásban megváltozik az arány és a 6 + 6 napos izolált kulturában a gyökér szárazanyagában két és félszer több nukleinsavfoszfor található, mint a hajtásnál. Tehát a hajtás alig képes nukleinsavfoszfor szintézisére izolációban, míg a gyökér igen, azonban megalapozott az a feltevés, hogy a sértetlen növény esetében a szintetizált anyag vagy építői jórésze a gyökérből a hajtásba vándorolnak.

Az alkalmazott kísérleti körülmények között, tehát a fiatal csíranövény gyökere autotrófnak mutatkozott, a hajtás pedig heterotrófnak.

Érkezett: 1955. március 1.

Irodalom

- [1] Ball, E.: Amer. J. Bot. **33**. 301. 1946.
- [2] Bonner, J.: Amer. J. Bot. **27**. 692. 1940.
- [3] Bonner, J.: Bull. Tor. Bot. Club. **69**. 130. 1942.
- [4] Brachet, J.: Chemical embryology. Interscience Publishers. New York. 1950.
- [5] Brown, R.: J. Exp. Bot. **2**. 96. 1951.
- [6] Brown, R., Reith, W. S. & Robinson, E.: Symposia of the Society for experimental Biology No VI. Structural aspects of cell physiology. 329. Univ. Press. Cambridge. 1952.
- [7] Brown, R. & Whighmann, F.: J. Exp. Bot. **3**. 253. 1952.
- [8] Burström, H.: Ann. Rev. Plant Physiol. **4**. 237. 1953.
- [9] Caspersson, T. O.: Cell growth and cell function. Norton. New York. 1950.
- [10] Danielli, J. F.: Cytochemistry. Wiley. New York. 1953.
- [11] Davidson, J. N.: The biochemistry of the nucleic acids. Wiley. New York. 1950.
- [12] Fiedler, H.: Zeitschr. Bot. **33**. 369. 1939.
- [13] Fries, N.: Physiol. Plant. **6**. 292. 1953.
- [14] Gale, E. F. & Folkes, J. P.: Nature. **173**. 1223. 1954.
- [15] Gautheret, R. J.: Growth: Supplement to vol. **10**. Sixth Symposium on Development and Growth. 21. 1946.
- [16] Howard, A. & Pelc, S. R.: Nature. **167**. 599. 1951.
- [17] Kolesnyikov, B. A.: Kornjevaja szisztéma plodovih gyerevjev. Disszertáció. T. S. H. 1947.
- [18] Konarev, V. G.: Dokl. Akad. Nauk. SSSR. Nov. Szer. Tom. **89**. 551. 1953.
- [19] Kotte, W.: Ber. dtsh. bot. Ges. **40**. 269. 1922.
- [20] Kotte, W.: Beitr. allg. Bot. **2**. 413. 1922.
- [21] Lavib, P. S., Harrington, H. & Buckaloo, G. W.: Western Res. Univ, Atomic Energy Med. Res. Project., NYO-1625. 255. 1951. Ref.: Berichte d. w. Biol. **81**. 246. 1953.
- [22] Loo, Sh. W.: Amer. J. Bot. **32**. 13. 1945.
- [23] Loo, Sh. W.: Amer. J. Bot. **33**. 295. 1946.
- [24] Morgan, C. & Reith, W. S.: J. Exp. Bot. **5**. 119. 1954.
- [25] Potapov N. G.: Előadás a Magy. Biol. Egy. ülésén. 1952.
- [26] Potapov, N. G. & Maróti, M.: Annal. Biol. Univ. Hung. **2**. 107. 1954.
- [27] Potapov, N. G. & Maróti M.: Acta Bot. Acad. Sci. Hung. Sajtó alatt.
- [28] Robbins, W. J.: Bot. Gaz. **73**. 376. 1922.
- [29] Robbins, W. J.: Am. J. Bot. **27**. 692. 1940.
- [30] Robbins, W. J.: In Skoog, F.: Plant Growth Substances. Univ. Press. Wisconsin. 1951.
- [31] Robinson, E. & Brown, R.: Exp. Bot. **3**. 356. 1952.
- [32] De Ropp, R.: Ann. Bot. **9**. 369. 1945.
- [33] De Ropp, R.: Ann. Bot. **10**. 353. 1946.
- [34] De Ropp, R.: Ann. Bot. **10**. 31. 1946.
- [35] Roth, H.: Mikrochemie, **31**. 287. 1944.
- [36] Sachs, J.: Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie. Engelmann. Leipzig. 1892—93.
- [37] Steward, F. C., Wetmore, R. H. & Thompson, J. P.: Amer. J. Bot. **41**. 123. 1954.
- [38] Szemenenko, G. J. & Timasova, O. A.: Biohimija, **19**. 543. 1954.
- [39] Taylor, A. E. & Miller, C. W.: J. Biol. Chem. **18**. 215. 1914.
- [40] Torrey, J. G.: Plant. Physiol. **29**. 279. 1954.
- [41] White, P. R.: Ann. Rev. Plant Physiol. **2**. 231. 1951.
- [42] White, P. R.: Plant Physiol. **12**. 803. 1937.
- [43] Zanev, R.: Bjlg. Akad. Nauk. Sofia. **4**. 113. 1953.

СИНТЕЗ НУКЛЕИНОКИСЛОТНОГО ФОСФОРА В КОРНЮ И СТЕБЛЕ
ПРОРОСТКА ФАСОЛИ

Н. Г. Потапов и М. Мароти

Кафедра физиологии растений Университета им. Л. Этвеша, Будапешт (Венгрия)

Резюме

Авторы в своих исследованиях занимаются изучением фосфорного обмена верхушечных меристем проростков фасоли и изменением роста в длину и содержания сухого вещества органов растения. На основании дотепершних своих опытов и литературных данных предполагают, что корень при соответствующих условиях способен синтезировать нуклеинокислотный фосфор (НК—Р), а стебель едва способен к этому синтезу и снабжается необходимым НК—Р в значительной степени за счет передвижения последнего из остальных органов растения. В данной работе авторы приводят только данные, полученные ими относительно корня и надсемядольной части стебля (без настоящих листьев).

В качестве опытного материала применяли *Phaseolus vulgaris* сорта «Сахарная фасоль». Подопытные растения выращивались в контролируемых условиях, в стерильных культурах, в термостате при температуре в 27—28°C (естественное освещение). Семена, стерилизованные 1%-ой бромной водой, проращивались на агаровой (1%) питательной среде, содержащей минеральный стандартный раствор Уайта, 2% сахарозы и дрожжевой экстракт, в течение 2-х, 4-х и 6-ти дней в чашках Петри или в пробирках (рисунок 1—2). Из одной группы проростков анализировали отдельные органы, а из второй группы изолировали корни и стебли и после 6-ти дневного их культивирования провели анализ (рисунок 3—4). Изолированные органы культивировались тоже на сахаристой агаровой (2%) среде Уайта, содержащей кроме этого соответствующие витамины (ниацин, пиридоксин, тиамин). Стерилизация питательной среды и приборов проводилась обычным образом в автоклаве и соответствующем стерилизаторе, а помещение стерилизовалось оксихинолином и кварцевой лампой.

При каждом анализе измеряли длину корня и стебля, взвешивали свежий вес и содержание сухого вещества, и на основании общего фосфора определяли нуклеинокислотный фосфор. Для последнего применяли метод Тэйлора — Миллера [39] в видоизменении Рота [35] и метод Левиб — Херрингтон — Букало [21]. Приведенные для фосфора цифры являются средними из 6-ти параллельных определений, а данные длины и сухого вещества представляют собой среднее из 4-х или 5-ти измерений, т.е. взвешиваний.

Полученные результаты приводятся в таблице, на фотоснимках 1—4 и на графиках 5—7. Из этих результатов следует, что сочетание измерений длины, определений сухого вещества и содержания НК—Р лучше отражает различия в обмене веществ корня и стебля, чем проводимые до сих пор отдельные анализы. Применяемые авторами методика стерильных культур и питательная среда являются пригодными и для культуры изолированных органов. Рост в длину корневой системы проростков в обеих культурах более интенсивный, чем рост стеблей; это явление хорошо объясняется данными содержания НК—Р указанных органов. Прирост сухого вещества стебля относительно более благоприятный, чем у корня. Содержание общего фосфора и нуклеинокислотного фосфора в пересчете на один орган в обеих культурах более благоприятный у корня. Содержание НК—Р в процентах от сухого вещества в культуре с цельными растениями у стебля выше, в то время как в культуре изолированных органов это соотношение как раз противоположное и в 6 + 6-ти дневном возрасте сухое вещество корня содержит два с половиной раз больше НК—Р, чем аналогичная культура стебля. Следовательно, на основании вышеизложенного авторы считают обоснованной свою гипотезу, согласно которой стебель в изолированной культуре едва способен к синтезу нуклеинокислотного фосфора, в то время как корень оказывается способным к этому. В случае цельного растения соответствующее снабжение НК—Р-ом стебля обеспечивается передвижением последнего из корня, что подтверждается и литературными данными (13, 18).

Рисунок 1.: Корневая система 2, 4 и 6-ти (2d, 4d, 6d) дневного проростка фасоли (культура цельных растений).

Рисунок 2.: Надсемядольная часть стебля 2, 4 и 6-ти (2d, 4d, 6d) дневного проростка фасоли (культура цельных растений).

Рисунок 3.: Корневая система 2 + 6, 4 + 6 и 6 + 6 (2 + 6d, 4 + 6d, 6 + 6d) дневного проростка фасоли (культура изолированного органа).

Рисунок 4.: Надсемядольная часть стебля 2 + 6, 4 + 6 и 6 + 6 (2 + 6d, 4 + 6d, 6 + 6d) дневного проростка фасоли (культура изолированного органа). Одно деление масштаба соответствует 2-ум мм-ам.

Рисунок 5.: Рост в длину корневой системы (А) и стебля (В) проростка фасоли в культуре цельных растений и изолированных органов. Ордината: длина одного органа в мм-ах. Абсцисса: возраст проростка в днях.

Рисунок 6.: Изменение содержания сухого вещества корневой системы и стебля проростка фасоли в культуре цельных растений и изолированных органов. □ = корень, ■ = стебель. Ордината: содержание сухого вещества в мг-ах в пересчете на 1 орган. Абсцисса: возраст проростка в днях.

Рисунок 7.: Изменение содержания общего фосфора и НК-Р в корневой системе и стебле проростка фасоли, в культуре цельных растений (А) и изолированных органов (В). 1: общий фосфор в корневой системе; 2: НК-Р в корневой системе; 3: общий фосфор в стебле; 4: НК-Р в стебле. Ордината: содержание фосфора в γ -ах, в пересчете на 1 орган. Абсцисса: возраст проростка в днях.

Таблица 1.: Изменение свежего веса, сухого вещества и содержания НК-Р (РНК-Р, ДНК-Р) корневой системы и стебля проростка фасоли (*Phaseolus vulgaris*) у цельного растения (верхних 6 строк) и у изолированных органов (нижних 6 строк). (1) Время выращивания в днях. (2) Орган: корень и стебель. (3) Свежий вес в мг/1 орган. (4) Содержание сухого вещества в %-ах от свежего веса. (5) НК-Р в %-ах от сухого вещества. (6) РНК-Р и ДНК-Р в γ /1 орган.

Synthesis of Nucleic Acid Phosphorus in the Root and Shoot of the Bean Seedling

N. G. ПОТАРОВ and M. MARÓTI

Institute for Plant Physiology, L. Eötvös University, Budapest (Hungary)

Summary

Experiments are described concerned with the phosphorus metabolism of the apical meristeme of the bean seedling and of the organs, respectively, originating from them. The data of phosphorus metabolism are completed by measuring the changes in length and dry-matter content of the individual organs. On the evidence of the presented experimental results, supported by data in the literature, authors assume that under appropriate conditions the root but not the shoot is capable of supplying its own nucleic acid phosphorus (NA-P) requirements, and that the major part of the shoots NA-P requirement reaches it by migration. In this paper they present only the data on the root and on the epicotyl without primary leaves.

In all the experiments described a land variety of the common bean, *Phaseolus vulgaris* „Cukorpaszuly“, was used. The material to be tested was raised in sterile cultures maintained in the thermostat at 27 to 28° C, exposed to natural light conditions. Seeds adequately sterilized in a 1% bromine solution were left to germinate in sterile Petri dishes or test tubes for 2, 4 and 6 days respectively (Figs. 1 and 2), on White's mineral solution with 2% sucrose and yeast extract, solidified with 1% agar. In one sample of the germinated seedlings the individual organs were analysed, while from the rest root and shoot excisions were made to be analysed after incubation for six days (Figs. 3 and 4). The isolated organs were likewise cultivated on White's sugar agar (2%), but supplemented with the appropriate vitamins (niacin, pyridoxine, thiamin) in place of the yeast extract. Nutrient medium and instruments were sterilized in the usual way in autoclave and hot air sterilizer, respectively; the inoculation room by the use of oxyquinoline and a quartz lamp.

In each of the analyses shoot and root length, fresh- and dry-matter and NA-P per organ were determined. For NA-P determination the method of Taylor and Miller [39] as modified by Roth [35], and that of Lavib-Harrington-Buckalo [21], respectively, were used. The figures presented in the paper are the mean values of 6 phosphorus, 4 length, and 5 dry-matter measurements.

The results of the experiments shown in the tables, in the photographs 1 to 4, and the diagrams 5 to 7 are summarized as follows: The differences in the metabolism of the young root and shoot are more apparent from the combined data on length, dry matter and NA-P contents of the developing organs, than from any one of these alone. The medium and sterile methods applied are suitable for the cultivation of isolated organs. The isolated root, just as well as that of the intact plant, grows more vigorously in length than the young shoot; a phenomenon easy to interpret with the changes taking place in the NA-P contents of the organs. Dry-matter, on the other hand, increases in the shoot more rapidly, than in the root. Total phosphorus per organ, as well as NA-P

per organ in both cultures is higher in the root. Regarding the NA-P-dry-matter ratio, it is remarkable that in intact plants this is higher in the shoot, while in isolated organs the reverse is true; as a matter of fact, 6 days after isolation the root contains $2\frac{1}{2}$ times as much NA-P per g dry-matter as the isolated shoot.

According to the opinion of the authors, the evidences presented in this paper strongly support the hypothesis that in contrary to the root, the isolated shoot cannot synthetize NA-P in the quantity to supply its own requirements. It is suggested that in unimpaired (intact) plants migration from the roots provides the shoot with the required supply of NA-P, a view supported by data in the literature [13, 18].

Fig. 1.: Root of bean seedling from intact 2, 4, 6-day old cultures.

Fig. 2.: Plumule of bean seedling from intact 2, 4, 6-day old cultures.

Fig. 3.: Root of bean seedling from isolated cultures 2+6, 4+6, 6+6 days old.

Fig. 4.: Plumule of bean seedling from isolated cultures 2+6, 4+6, 6+6 days old. (Grading unit of scale 2 mm.)

Fig. 5.: Extension growth of root (A) and plumule (B) of bean seedling in intact and isolated cultures. Ordinate: length of ore organ in mm. Abscissa: age of seedling in days.

Fig. 6.: Changes in dry-matter contents of root and plumule of bean seedling in intact and isolated cultures. □ = root, ■ = plumule. Ordinate: dry-matter content per organ in mg. Abscissa: age of seedling in days.

Fig. 7.: Changes in total P and NA-P contents of root and plumule of bean seedling in intact (A) and isolated (B) cultures. 1: Total P content in root. 2: NA-P content in root. 3: Total P content in plumule. 4: NA-P content in plumule. Ordinate: P content per organ in γ . Abscissa: age of seedling in days.

Table 1.: Changes in the fresh and dry weight, the RNA-P and DNA-P contents in root and plumule of *Phaseolus vulgaris* seedling, in intact (upper 6 rows) and isolated (lower 6 rows) cultures from organs. (1) Period of cultivation. (2) Organ, root and plumule. (3) Fresh weight in mg/organ. (4) Dry-matter content in per cent of fresh weight. (5) NA-P content in per cent of dry matter. (6) RNA-P and DNA-P in γ organ.

Nukleinsäurenphosphor-Synthese in Wurzel und Keimtrieb des Bohnenkeimlings

N. G. POTAPOV und M. MARÓTI

Pflanzenphysiologisches Institut der L. Eötvös Universität, Budapest (Ungarn)

Zusammenfassung

Die Verfasser unterwarfen den Phosphormetabolismus in den endständigen Meristemen der Bohnenkeimlinge, bzw. in deren Austrieben, sowie die Schwankungen im Längenwachstum und im Trockensubstanzgehalt der Pflanzenorgane, einer experimentellen Untersuchung. An Hand eigener Versuche sowie der bezüglichen Literatur wurde angenommen, dass die Wurzel unter entsprechenden Bedingungen einer Nukleinsäurenphosphorsynthese (NS-P) fähig ist, während der Keimtrieb einer solchen Fähigkeit ermangelt und die nötigen NS-P-Mengen grösstenteils auf Wegen der Substanzwanderung bezieht. Die vorliegende Arbeit behandelt nur die Angaben der Wurzel und des Epikotyls ohne die primären Laubblätter.

Als Versuchsobjekt wurde eine landläufige Art des *Phaseolus vulgaris* verwendet. Das zu untersuchende Material wurde unter kontrollierten Bedingungen in Sterilkulturen, bei 27–28 °C Temperatur, im Thermostat, bei natürlichem Lichte gezogen. Die Saatkörner wurden — nachdem sie in 1 %igem Bromwasser hinlänglich sterilisiert waren — auf einem 1 %igen Agar-Agar Nährboden, der White-sche Mineralgrundlösung sowie 2% Sacharose und Hefeauszug enthält, in sterilen Petri-Schalen und Epruvetten 2, 4, bzw. 6 Tage lang keimt (Abb. 1, 2). Ein Teil der keimenden Sprösslinge wurde nach einzelnen Organen analysiert, ein anderer Teil hingegen diente zu Wurzel-, bzw. Keimtriabs-Exzisionen, die nach einer Inkubation von 6 Tagen bearbeitet wurden (Abb. 3, 4). Die isolierten Organe wurden ebenfalls auf White-schem 2 %igem Zucker-Agar gezogen, dem noch entsprechende Vitamine (Niazin, Piridoxin, Tiamin) beigegeben wurden. Die Sterilisation des Nährbodens, der Utensilien und des Okulationsraumes wurde im Autoklav, im Heissluftsterilisator, bzw. vermittels Oxychinolin und der Quarzlampe auf die übliche Weise durchgeführt.

Bei jeder einzelnen Analyse wurden die Wurzel- und Stengellängen, das Frischgewicht und das Trockensubstanzgewicht, sowie an Hand des Gesamtphosphorgehaltes die Nukleinsäurenphosphormenge festgestellt. Zu letztgenanntem Zwecke bediente man sich des von Roth [35]

verbesserten Taylor—Miller—[39], bzw. des Lavib—Harrington—Buckaloo-Verfahrens [21]. Die mitgeteilten Zahlenwerte stellen das Durchschnittsergebnis von 6 Messungen bei der Phosphorbestimmung und von 4, bzw. 5 Messungen bei der Feststellung der Pflanzenlänge und des Trockensubstanzgehaltes dar.

Die Versuchsergebnisse sind in der beigegebenen Tabelle, in Abbildungen 1—4, sowie in Diagrammen 5—7, mitgeteilt. Zusammenfassend lässt sich folgendes berichten: die Längenmessung und die Bestimmung der Trockensubstanzmengen sowie des NS—P-Gehaltes drücken zusammen angewendet die Schwankungen im Metabolismus der Wurzel und des Keimtriebes getreuer aus, als die bisher vorgenommenen separaten Analysen. Die angewandte Steril-Methodik gestattet eine Anlegung von isolierten Organkulturen. In beiden Kulturen weist der Wurzelteil der Keimlinge ein intensiveres Längenwachstum auf, als der Keimtrieb, eine Erscheinung, die mit den verschiedenen NS—P-Gehalten der einzelnen Organe gut übereinstimmt. Die Anhäufung der Trockensubstanz geht in den Keimtrieben verhältnismässig besser vor sich.

Der Gehalt an Gesamtposphor und Nukleinsäurephosphor ist bei beiden Kulturen im Wurzelteil höher. Der NS—P-Gehalt, in Prozenten des Trockensubstanzgehaltes der einzelnen Organe ausgedrückt, zeigt sich bei unbeschädigten Kulturen im Stengel höher, jedoch bei isolierten Kulturen niedriger, so dass im 6 + 6 tägigen Zustande die Trockensubstanz der Wurzel 2,5mal mehr NS—P enthält, als die entsprechende Stengelkultur.

An Hand ihrer experimentellen Ergebnisse stellen die Verfasser die Hypothese auf, demgemäss die isolierten Kulturen des Stengels kaum einer Synthese des NS—P fähig sind, im Gegensatz zu der Wurzel. Bei unversehrten (intakten) Pflanzen wird der NS—P-Bedarf der Stengel durch eine Substanzenmigration aus der Wurzel bestritten, was auch von der einschlägigen Literatur bekräftigt wird [13, 18].

Abb. 1. Wurzel des Bohnenkeimlings aus unversehrter (intakter) Kultur, 2—4—6 Tage alt
Abb. 2. Bohnenkeimling-Trieb oberhalb der Keimblätter, aus unversehrter (intakter) Kultur, 2, 4, 6 Tage alt.

Abb. 3. Wurzel der Bohnenkeimlings aus isolierter Kultur, 2 + 6, 4 + 6, 6 + 6 Tage alt
Abb. 4. Bohnenkeimling-Trieb oberhalb der Keimblätter aus isolierter Kultur, 2 + 6, 4 + 6, 6 + 6 Tage alt. Ein Grad des Masstabes neben den Bildern entspricht 2 mm.

Abb. 5. Längenwachstum der Wurzel (A) und des Keimtriebes (B) bei Bohnenkeimlingen in unversehrten (intakter) und isolierter Kultur. Ordinate: Länge eines Organs in mm. Abscisse: Alter des Keimlings in Tagen.

Abb. 6. Schwankung des Trockensubstanzgehaltes in Wurzel und Keimtrieb des Bohnenkeimlings in unversehrter (intakter) und isolierter Kultur. □ = Wurzel, ■ = Keimtrieb. Ordinate: auf ein Pflanzenorgan bezogener Trockensubstanzgehalt in mg. Abscisse: Alter des Keimlings in Tagen.

Abb. 7. Schwankung des Gesamt—P— und des NS—P-Gehaltes in Wurzel und Keimtrieb des Bohnenkeimlings bei unversehrter (A) und isolierter (B) Kultur. 1 = Gesamt—P in der Wurzel; 2 = NS—P in der Wurzel; 3 = Gesamt—P im Keimtrieb; 4 = NS—P im Keimtrieb. Ordinate: auf ein Pflanzenorgan bezogener P-Gehalt in γ ausgedrückt. Abscisse: Alter des Keimlings in Tagen.

Tabelle I. Schwankung des Frischgewichtes, sowie des Gehaltes an Trockensubstanz und NS—P (RNS—P, DNS—P) in der Wurzel und im Stengel des Bohnenkeimlings (*Phaseolus vulgaris*). Obere 6 Reihen: unversehrte Pflanze; untere 6 Reihen: isolierte Organkulturen. (1) Kulturdauer in Tagen. (2) Organ, Wurzel, Keimtrieb (3) Frischgewicht mg/Organ. (4) Trockensubstanzgehalt in Prozenten des Frischgewichtes. (5) NS—P Gehalt in Prozenten der Trockensubstanz. (6) RNS—P und DNS—P in γ /Organ.