

Razvoj i zadaća aleurona u nekih žitarica.

(Die Entwicklung und Aufgabe des Aleurons bei einigen Getreidearten.)

Dr. Z. Arnold.

Proces klijanja sjemena u pojedinim svojim fazama od prvoga časa, kad se počne buditi latentni život klice, mobilizacija rezervnih tvari aktivacijom enzima, porast klice i izgradnja mlade biljke sve do početka njezine samostalne prehrane, pun je zanimivih problema, koji su po svojoj naravi kod kulturnog bilja od znatnoga praktičnog interesa. Ali, dok je anatomija klice i sjemena uopće dobrim dijelom poticajem praktičnih potreba već svestrano obradena, ima na području fiziologije klijanja unatoč mnogih istraživanja i radova tamo od Sachs-a sve do današnjih dana još mnogo prijeponih i nerazjašnjenih pitanja. Da spomenemo samo fundamentalni proces mobilizacije rezerva, napose kod gramineja mobilizaciju škroba u endospermu, s kojom je u vezi pitanje, gdje je sijelo postanka diastaze (ovdje gotovo najvažnijeg enzima), to je pitanje od vremena Gris-a i Van Tieghem-a занимalo mnoge istraživače na tome području. Ono je osobito zaslugom Haberlandt-a i Pfeffer-a od devedesetih godina minulog stoljeća ovamo bilo predmetom brojnih polemika između različitih smjerova tumačenja spomenutih problema, stavljajući sijelo diastaze u razne organe sjemenke odnosno klice, bilo u skutelum, bilo u endosperm ili pak u aleuronski sloj. Svakog od tih tumačenja daje dotičnom organu zaseban položaj u sjemenu i posebnu aktivnu zadaću mimo pasivne inače zadaće, što je ima kao rezervno spremište. Napose je Haberlandt-ovo tumačenje o aleuronskome sloju gramineja kao specijalnoj žlijezdi za proizvodnju diastaze potaknulo mnogostranu diskusiju tim više, što mu Haberlandt odriče značenje proteinske rezerve, koje mu je sve do tada bilo općenito pripisivano.

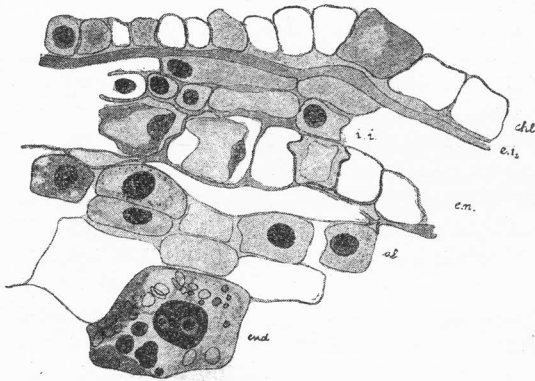
Da se to pitanje riješi, bilo je potrebno promotriti ga ne samo sa stanovišta fiziološkoga već i citološkoga: trebalo je ispitati, na koji se način rastvara za vrijeme klijanja sadržaj aleuronskoga sloja, i ustanoviti, kako odgovaraju pojedine faze toga raspadanja fazama u razvoju klice odnosno mlade klice. Ujedno je bilo od interesa istražiti i postanak aleuronskih zrnaca tim više, što su u novije doba neki istraživači opažali vrlo zanimive analogije između

pojedinih faza izgradnje i razgrađivanja njihova. S potonjim pak istraživanjem bila je sama po sebi u vezi kontrola razvoja i podrijetla samoga aleuronskog sloja, ma da to pitanje danas više nije prijetno. Svi su ti problemi manje više usko povezani tako, da i pojedina istraživanja nijesu tekla strogo odijeljeno, već je često jedno služilo kontroli drugoga nadopunjujući se međusobno. Ipak su zbog jasnoće i preglednosti razlučeni problemi u ovoj radnji u četiri dijela, koji slijede jedan za drugim počevši s anatomskim dijelom o podrijetlu i razvoju aleuronskoga sloja preko citoloških istraživanja o aleuronskome zrnu do fiziološkoga dijela, koji se osniva na pret-hodnim dijelovima uključujući u sebi i njihove rezultate.

Ujedno izričem na ovome mjestu najtopliju hvalu predstojniku botaničkog zavoda g. prof. dru V o u k u na mnogim poticajima i savjetima kao i na živom interesu, kojim je pratio sav moj rad oko spomenutih problema.

I. Aleuronski sloj, njegovo podrijetlo i razvoj.

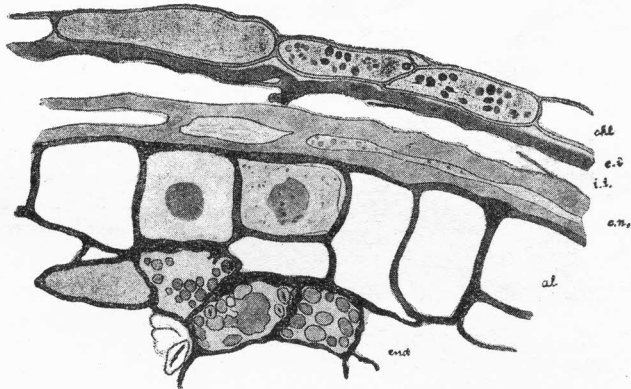
Endosperm žitarica ograničen je na svojoj površini prema nucelarnim slojevima jednostrukim ovojem (samo kod roda *Hordeum* 2 do 4 sloja) stanica po svome obliku i sadržaju različitih od ostalih endospermiskih stanica. One su na poprečnom prešjeku pravokutne, gledane odozgo zaobljeno poligonalne, a sadrže rezervne stvari: masna ulja i proteide u obliku aleuronskih zrnaca, po kojima je sloj dobio ime.



Sl. 1. *Triticum vulg.*, uzdužni presjek sjemena.

Prilikom studija o postanku i razvoju aleuronskih zrnaca kod vrste *Triticum vulgare* pratio sam na preparatima plodova razne starosti ujedno i razvoj aleuronskog sloja. On se po spomenutom tipičnom obliku stanica raspoznaje jasno u doba, kada se u ostalim stanicama endosperma (end) zamjećuju oveća škrobna zrnca, makar još u samome sloju (al) nema traga aleuronskim zrcima (sl. 1. i 2.).

Već se i u ranije doba razvoja prikazuje taj sloj kao sastavni dio endosperma, kao krajnji njegov sloj, koji ga ograničuje prema nucelusu (e. n.). Od prvotnih slojeva nucelusa preostane u razvoju ploda jedino vanjski sloj, kojemu već dosta rano odebljaju vanjska i unutarnja stijena, dok postrane stijene ostanu tanke, te ih je kasnije teško opaziti, naročito u zreleme zrnju, gdje su stanice tako stiješnjene, da im se lumen malone posve izgubio. U prvo vrijeme stijene aleuronskih stanica još nijesu odebljale, a ni same stanice nemaju tipičnog oblika (sl. 1.). Osobito se jasno ističe pripadnost aleuronskog sloja k endospermu na unutarnjoj strani plodnice u medijskoj brazdi, koja odgovara trbušnom šavu obiju postranih plodničkih listova. Prema toj se brazdi savijaju i u nju ulaze svi slojevi sjemenske ljuske (testa) izuzevši vanjskih sloj nucelusa i aleuronski sloj. Vanjski je sloj nucelusa (perisperm) ovdje višeslojan te pokriva kao jastučić od veoma odebljelih stanica unutarnju stranu sivo-

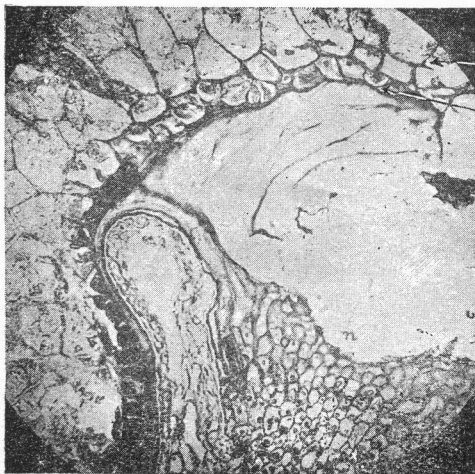


Sl. 2. *Triticum vulg.*, poprečni presjek sjemena s trbušne strane.

smede ploče, što je u medijani tvori rahlo parenhimsko staničje plodničke ljuske²⁶ (p. 632.). Aleuronski sloj (al) omeđuje i tu endosperm (end) prema nucelarnom jastučiću (n) (sl. 3.), a ističe se u zrelijem zrnju svojim sadržajem aleuronskih zrnaca (doduše zakržljalih), kako to pokazuju preparati bojadisani željeznim hematoksinom i eozinom ili pak metilnim zelenilom i fuksinom. Inače po obliku te stanice nijesu nalik na aleuronske stanice, pa je to vjerovatno razlogom, što *Strasburger*²⁶ (p. 634.) kaže za sjeme pšenice: »die Aleuronschicht fehlt oft mehr oder weniger vollständig vor dem Nucellarpolster«.

Prema tome je ispravno shvaćanje, da je aleuronski sloj vanjski sloj endosperma, kojega su stanice prilagodene na posebnu funkciju zadobile oblik različit od ostalih endospermnih stanica, kako to nalazimo po svim udžbenicima botanike i priručnicima za botaničko tehničku mikroskopiju¹³ (p. 325.),¹⁹ (p.

173.),²¹ (p. 29.). Tome u prilog govori, što i u nekih drugih porodica monokotiledona nalazimo neke rodove odnosno vrsti, koje imaju u sjemenu po jedan ili više slojeva s proteinskim rezervama, što opkoljavaju endosperm. Ti su slojevi manje ili više nalik na aleuronski sloj i ne sadrže tipskih aleuronskih zrnaca, no dotični ih autori opisuju kao vanjske slojeve endosperma. Takovih slojeva ima na pr. po Netolitzkome²² (p. 61., 74., 75.) u porodici *Cyperaceae* rod *Scirpus*, zatim porodice *Pontederiaceae* i *Juncaceae*, dok prema istome autoru Humphrey označuje jednostavni



Sl. 3. *Triticum vulg.*, poprečni presjek sjemena u medijanoj brazdi. (Mikrofotografija sa ok. 3., obj. Zeiss Apochr. 4 mm, tub. 140 mm.)

sloj s aleuronom, koji iznutra oblaže sjemensku šupljinu u porodice *Cannaceae*, ostakom endosperma²² (p. 90.). Jednako nazivlje Humphrey kod porodice *Musaceae* endospermom hranivu staničevinu, koja počinje izvana jednim ili dvostrukim slojem stanica bez škroba punih bjelančevina²² (p. 74.).

Čini se dakle, da vanjski slojevi endosperma u nekih porodica monokotiledona mogu poslužiti kao spremište bjelančevina, pri čemu promijene svoj prvotni oblik, kako to odgovara njihovoj zadaći. Koliko je pak kod pojedinih rodova

gramineja, naročito kod kulturnih vrsti baš sama kultura moguće djelovala u smjeru zamašnijeg razvoja aleuronskog sloja, još je posvema nepoznato, a moći će se to pitanje riješiti jedino na osnovu opsežnih poredbeno anatomskih istraživanja.

II. Postanak i razvoj aleuronskoga zrna.

Nakon što je Th. Hartig g. 1855. otkrio aleuronska zrnca, prvi se O. Maschke (1895.) pozabavio pitanjem postanka njihova te je našao, da ona nastaju u »mjhurićima sluzi« t. j. u kapljicama staničnog soka. Kasnije su nastavili istraživanja u tom smjeru Gris, Pfeffer, Wakker i Werminski, koji su došli do rezultata, da aleuronska zrnca nastaju u kapljicama staničnog soka t. j. u vakolama, koje su pune bjelančevine. Kod dozrijevanja sjemena gube te kapljice postepeno vodu i skrute se u aleuronska

zrnca, pri čemu se u njima stalože odjelito različite sastojine kao kristaloidi i globoidi. To je mišljenje danas općenito zastupano u udžbenicima anatomije i fiziologije bilja, kao na pr. u Strasburger-ovom ²⁷ (p. 25.) i Jost-ovom ³ (p. 273.), te biokemije ⁶ (p. 229.).

Tome se mišljenju priključio u novije doba i Arthur Meyer ¹⁸ (p. 173), prema kojemu su aleuronska zrnca »mješoviti bjelančasti „anti“ staničnog soka, koji su konačno istodobno sa čitavim protoplastom izgubili svoju vodu i osušili se«. U najnovije doba zalažu se za vakuogeno podrijetlo aleuronskog zrna oba Dangeard-a, otac i sin, koji tumače postanak aleurona u smislu svoje teorije o vakuomu. Vakuom je naime element citoplasme, koji sastoji iz vakuola napunjenih metakromatinom, a aleuron predstavlja samo posebni stadij vakuoma, koji se razvija u mladoj stanici iz prvobitne jedne velike ili par manjih vakuola. One se za vrijeme dozrijevanja razdijele uslijed nakupljanja uljenih kapljica u mnogo manjih vakuola, u kojima se kasnije izluče uklopine (globoidi, kristaloidi), te se sav sadržaj konačno skrutne. ⁷ (p. 995.), ⁸ (p. 857.)

Posve je odvojeno i originalno mišljenje iznio J. Peklo god. 1913. nabacivši hipotezu o mikogenom podrijetlu aleuronskog zrna, koju sam na poticaj g. prof. Vouka preispitao i kritički razmotrio.¹ Tamo sam spomenuo, da se na Peklovu hipotezu do tada (t. j. do polovice g. 1925.) približe osvrnuo jedino F. Netolitzky. Međutim je iste godine (1914.) izašla radnja J. Beauverie-a,² u kojoj se potanko raspravlja pitanje gljivne simbioze u gramineja.* On ističe slijedeće argumente protiv Peklove hipoteze:

1. Micelij gljivice u posve zasebnom slučaju vrste *Lolium* lokalizovan je izvan aleuronskog sloja i napada istom kasno klicu, pa onda u njoj živi poput gljivice iz porodice *Ustilaginaceae*.

2. Metahromatička tvar globoida nije istovjetna sa volutinom u gljiva (kako se to Peklo neispravno poziva na podatke Guillard-ermond-a) tim više, što ona dolazi u aleuronu jedino združena s mineralnim tvarima i uklopljena u proteinu (»incorporée à la protéine«). Inače pak sama egzistencija metahromatičke tvari u stanici nije još kriterij za nazočnost micelija, jer bi se onda isti morao naći i u zrnu ricinusa, leguminoza i t. d., što do sada još nije nikome uspjelo.

3. Autor je dosta često našao u zrnu micelij i spore snijeti (»rouilles«), ali se one uvijek zaustave tačno pred aleuronskim slojem, koji ima na vanjskoj strani debelu kutinizovanu membranu, neprobojnu za hife. Jedino bi slučajna ozlijeda ili pukotina u tome sloju mogla omogućiti prolaz hifama u nj.

* Kako je u to svjetski rat prekinuo svaku naučnu vezu s mnogim državama, ostala je ta radnja necitirana u svima meni pristupačnim stručnim časopisima kao *Botan. Zentralblatt*, *Zeitschrift f. Botanik*, *Oesterr. botan. Zeitschrift* i došla mi je do ruku tekar koncem god. 1925. u originalu.

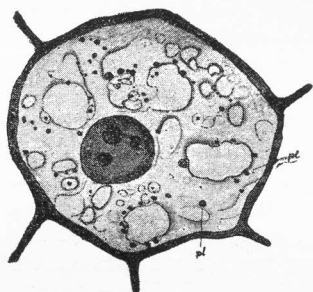
Kako se iz svega razabire, nije se ni Beauverie kao ni Netolitzky upustio u istraživanje samoga razvoja aleuronskih zrnaca, što je jedini izravni način, da se ispita uopće mogućnost njegovoga mikogenog podrijetla.

Najnovija je teorija D. M. Mottier-a²⁰ o plastidogenom podrijetlu aleuronskoga zrna, na koju se neovisno osvrnuo Vouk²⁸ nadovezujući na Wiesner-ovu nauku o organoidnim tvorevinama. No dok Mottier drži, da sam plastid izraste do aleuronskog zrna, tumači Vouk postanak aleurona nešto drugačije, kako je to niže razloženo.

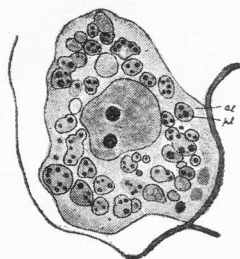
Ja sam u spomenutoj svojoj radnji opisao razvoj aleuronskoga zrna i popratio ga s 2 slike. Sitna okrugla zrnca poput hondriosoma, što se pojavljuju u mladim stanicama aleuronskoga sloja, jesu mladi plastidi prema tumačenju pojava u razvoju aleurona, što ga u citiranoj radnji daje Vouk u smislu teorije o plastidogenom podrijetlu njegovom. Oni kondenziraju na svojoj površini izvjesne bjelančaste tvari protoplazme, koje ih opkoljavaju poput svjetlijeg obruba — isprva još nejasnih kontura, te se čini, da se plastidi nalaze u vakuolama. Tijekom razvoja ponaraste još nešto plastid, proteinski mu se ovoj uveća i zadobije oštre konture, zaobljeni poligonalni oblik, te predstavlja gotovo aleuronsko zrno s promjerom od cca 1,5 do 2,5 mikrona (v. Acta botan. I., pag. 39., sl. 1.). U njemu se pomoću zgodnog načina bojadisanja može dobro opažati plastid kao okruglo tjelešce, što bi po starijem shvaćanju o vakuolarnom podrijetlu aleurona bio globoid. Na običnim se preparatima plastid ne može vidjeti, pa tako i Lüdtke u svojoj vrlo iscrpivoj radnji o aleuronu¹⁷ (p. 84.—87.) spominje, da su zrnca aleuronskog sloja uvijek bez ukloplina.

Prigodom studija o razvoju aleurona u aleuronskom sloju naišao sam među preparatima zrelog sjemena od *Triticum vulgare* na nekoliko uspješnih presjeka embrija, koji su fiksirani u Flemming-ovoj otopini i bojadisani s Heidenhain-ovim željeznim hematoksilinom pokazivali u stanicama skuteluma dosta jasno aleuronska zrnca, kako ih opisuje Lüdtke kao značaju za embrio, a naročito za skutelum (kotiledon) gramineja: 2 do 3 mikrona u promjeru sa mnogo malenih globoida. To me je potaklo, da ispitam također razvoj aleuronskih zrnaca u skutelumu, pa sam za to ljeti g. 1925. fiksirao plodove odnosno embrione od *Triticum vulgare* u tri razdoblja njihovog razvoja u 40%-nom formolu i u Flemming-ovoj otopini. Preparati uklopljeni u parafin rezani su i bojadisani s Heidenhain-ovim hematoksilinom i eozinom, zreliji stadiji i po Bonney-ovoj metodi (3-struko bojadisanje). Pod mikroskopom pokazuju mladi stadiji gotovo istu sliku kao u aleuronskom sloju: plazma je pienušava sa dosta malih — dijelom i većih vakuola, a po njoj su bez reda razasuti mladi plastidi (pl.) osobito na rubu vakuola, dok ih je u samim vakuolama rijetko naći (sl. 4.). Oni se bojadišu hematoksilinom, a osobito s eozinom. Kasnije se oko poje-

dinih plastida pojavljuje svjetliji obrub još nejasnih kontura od kondenzirane bjelančaste tvari. Gdje se takove bjelančaste kuglice jedna druge dotiču, stapaju se po dvije, tri i više međusobno u veće nakupine i tako nastaju okrugla, ovalna ili nepravilno zaobljena zrnca (al.), velika 2 do 3 mikrona u promjeru (rijetko do 4 mikrona ili pak manja od 2 mikrona sa samo jednim plastidom), koja — kako je posve ispravno već L ü d t k e primjetio — sadrže po tri četiri i više malih okruglih »globoida« (pl.) (sl. 5.). Potonji se po Bonney-ovoj metodi bojadišu crveno ljubičasto (od safranina i metilvioleta — kao i nukleoli staničnih jezgara), a nijesu po našem shvaćanju ništa drugo nego plastidi uklopljeni u proteinsku masu, što su je sami oko sebe kondenzirali. Ta temeljna masa aleuronskih zrnaca poprima na spomenuti način narančastu boju.



Sl. 4. *Triticum vulg.*, stanica skuteluma.



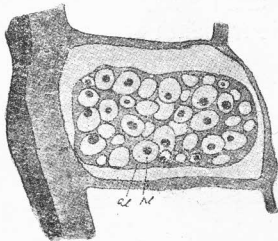
Sl. 5. *Triticum vulg.*, stanica skuteluma.

Prema tome su i aleuronska zrnca skuteluma odnosno embrija plastidogenog podrijetla jednako kao ona u aleuronskom sloju, tek se namiče pitanje, zašto i ondje ne dolazi do stapanja pojedinih zrnaca u veće nakupine, kad je princip postanka i razvoja isti. Razlogom je vjerovatno različiti kemički sastav. L ü d t k e¹⁷ I. c. ističe posebni kemički karakter aleurona u aleuronskom sloju, koji ga razlikuje od svega ostalog aleurona, pa ga zato on i ne smatra pravim aleuronom. Tome se mnijenju pridružuje i N e t o - l i t z k y (I. c. p. 59.) navodeći, da se ta aleuronska zrnca gotovo ne mijenjaju u alkoholnoj KOH, a nakon žarenja ostavljaju pepelni skelet, koji zadržati prvotni oblik. Pored toga može biti i sadržaj masti u t. zv. uljevitoj plazmi stanica aleuronskog sloja, koji sprječava međusobno stapanje aleuronskih zrnaca.

III. Rastapanje i trošenje aleurona u sjemenu za vrijeme klijanja.

Da ustanovim, na koji se način rastapa i troši aleuron, u kojoj fazi klijanja počinje taj proces i kada se završava u aleuronskome sloju odnosno u skutelumu, stavio sam sjemenje od *Triticum vulgare*, desinficirano s 1%-nom vodenom otopinom CuSO_4 kroz 24 sata u sterilnu destilovanu vodu da nabubri, a nakon toga u Petri-jeve

šalice na vlažni sterilizovani filter-papir da klije u termostatu kod temperature oko 15 °C. Iza 24 sata fiksirao sam prvu partiju sjemenja u 40%-nom formolu, a za kontrolu paralelno i u apsolutnom alkoholu te u Flemming-ovoj otopini. Ostalo isključeno sjemenje postavljeno je na organtin pripet na čaše s Crone-ovom otopinom za dalju kulturu, te su dalje u razmacima od 48 sati fiksirane na isti način jednake partije. Preparati su uklopljeni u parafin, rezani na 8 mikrona debljine i obojeni sa smjesom metilnog zelenila i fuksina odnosno Heidenhain-ovim željeznim hematoksilinom, a po tome i eoizinom i napokon još djelomice Bonney-evom metodom.



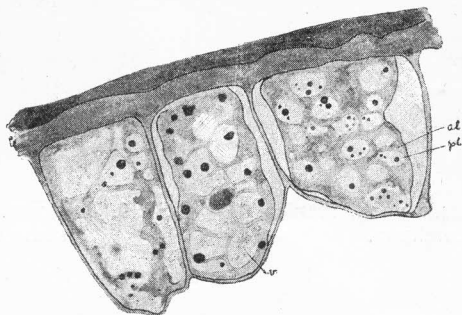
Sl. 6. *Triticum vulg.*, stanica aleuronskog sloja.

Aleuronski sloj nabubrelog pšeničnog zrna ne pokazuje nikakove promjene. Istom četvrti odnosno peti dan klijanja, kad je klica već istjerala prvi listić, dok je zrno izvana na pogled još naduto, dočim je endosperm već posve rastopljen i tekući, opaža se, da su aleuronska zrnca (al.) nabubrila, izgubila poligonalni oblik zrelih zrnaca i zaoblila se (sl. 6.) Veličina je tih, većinom ovalnih zrnaca 4,0 : 4,8 odnosno 6,5 : 8,0 mikrona. Aleuronski je sloj u to doba još sasvim netaknut i stanične su mu stijene čitave. Okrugle uklopine aleuronskih zrnaca — bivši plastidi, koji se sa metilnim zelenilom i fuksinom jasno bojadišu kao u zreloj sjemenu, dosta su se često u pojedinim zrnacima raspali u više sitnih okruglih zrnašca jednake boje.

Otprilike deveti ili deseti dan klijanja, kad je izbio drugi, kadšto pače i treći list, zrno je splasnulo i ljuska mu se naborala, jer je biljka već dobar dio rastopljenog endosperma pomoću sku-teluma apsorbirala. Sada su pojedina aleuronska zrnca veoma nabubrivši narasla i potisnula između sebe plazmu te se stopila zajedno u veće nakupine. Veličina je tih nakupina, koje su nalik na ovalne ili posve nepravilne vakuole, oko 6,5 : 9,5 odnosno 9,5 : 12,5 mikrona i više. Njihova se masa ne bojadiše nijednom od upotrebljenih boja, a u njima se nalaze rastepeni ostaci plastida, koji još jednako primaju boje kao u zreloj zrnju, dijelom su pak razasuti i po samoj rastrganoj plazmi stanica (sl. 7.). Sada se već mjestimice aleuronski sloj odljuštio od sjemenske ljuske i na tima su mu mjestima stanice zgužvane, a stanične stijene rastanjene.

Ovdje bih primjetio, da slike netom opisanog stadija u procesu raspadanja aleuronskoga zrna dosta naliče na neke slike, što ih je objelodanio P. D a n g e a r d⁹ (p. 319.—321.) u radnji, koja se također bavi pitanjem rastvaranja aleurona pri klijanju. Međutim su njegovi crteži odviše šematski, a pored toga ne daju jasnu sliku postepenog raspadanja aleuronskih zrnaca, jer prikazuju osim prvoga intaktnog stadija samo konačni stadij, gdje se namjesto

aleuronskih zrnaca nalaze vakuole. Naročito se iz njih ne može razabrati sudbina uklopina odnosno plastida, o kojima autor uopće ništa ne govori, ma da se te uklopine vide još i onda, kad je aleuronskih zrnaca posve nestalo. Napokon je nakon 14 dana klijanja zrno posvema splasnulo i skoro se sasvim osušilo, aleuronski se sloj posvema odljuštio od teste, stanice su mu zgužvane, a njihove stijenke dijelom vrlo nejednolično rastanjene dijelom razderane. Preostala je plazma nepravilno rastrgana i isprevijana, te nije moguće u njoj razabrati kakovili vakuola u smislu ranijih stadija.



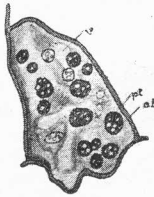
Sl. 7. *Triticum vulg.*, stanice aleuronskog sloja.

Po njoj su bez reda razasuti ostaci plastida kao zaobljena zrnca vrlo različite veličine, djelomice tako velika, da su očito nastala stapanjem manjih zrnaca, a boju primaju još uvijek dosta jako.

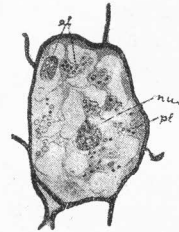
Rastvaranje aleurona u skutelumu započinje znatno ranije pa prema tome i brže završava nego li u aleuronskom sloju. Lokalno počinje proces prije u stanicama, koje su bliže embriju, neposredno u povodu bubrenja sjemena tako, da im je sadržaj već iza 48 sati klijanja posve rastopljen, djelomice već i apsorbiran od embrija. U isto pak doba počinje istom rastapanje aleurona u stanicama skuteluma, koje su podalje od embrija t. j. bliže t. zv. sisaćem epitelu. U početku nabubre aleuronska zrna i zadobiju posve zaobljeni okrugli ili ovalni oblik. Oko njih se sada opažaju oveće vakuole (v), kojih u zreleme sjemenu nije vidjeti, a konture im nijesu uvijek oštre. Samo se aleuronska zrnca (al) intenzivno bojadišu sa smjesom metilnoga zelenila i fuksina, dočim njihove uklopine (globoidi odnosno plastidi) slabo primaju boju, pa se vide kao svjetliji mjehurići (pl) u tamno obojenoj masi zrnaca (sl. 8.).

Četiri do pet dana kasnije rastopila se temeljna masa aleuronskih zrnaca, a njihove uklopine razasule su se dijelom po vakuolama, dijelom pak po samoj plazmi u obliku sitnih obojenih mjehurića ili zrnaca. Neke od spomenutih vakuola zadržale su svoj ovalni ili okrugli oblik, dok su se druge razderale. U isto se doba jezgre (nu) tih stanica, u koliko ih je na preparatima vidjeti, raspadaju u ne-

pravilne komade (sl. 9.). Uklopine se t. j. ostaci plastida pomalo otapaju i bivaju sve sitnije, dok ih konačno otprilike deseti dan klijanja uopće nestane. Stanice se pak ukazuju ispunjene finom pjenušastom plazmom, koja je u onima bliže sisaćem epitelu gušća, a rjeđa i protkana većim vakuolama u onima, koje su bliže embriju, gdje su uostalom velikim dijelom skoro sasvim ispražnjene.



Sl. 8. *Triticum vulg.*, stanica skuteluma.



Sl. 9. *Triticum vulg.*, stanica skuteluma.

Iz spomenutih citoloških opažanja slijedi, da se kod klijanja sjemena troši aleuron aleuronskog sloja kao i onaj skuteluma. Potonji se počinje rastapati odmah u početku, te se brzo ispražnjuje, pošto embrio neposredno upija njegove rezervne proteide upravo u isto doba, kada putem sisaćeg epitela skuteluma upija i rastopljene ugljohidrate likvificiranog endosperma. Naprotiv počinje rastapanje aleurona u aleuronskom sloju razmjerno kasno, kad je već znatan dio endosperma potrošen, i nastavlja se sve do posvemašnjeg raspada čitavog sloja. Vjerovatno embrio istom tada, kad su rezerve skuteluma i endosperma već posvema iscrpljene, može da upotrebi rastopljene i tekuće proteide aleuronskog sloja. Na važnost tih rezultata s obzirom na fiziologiju klijanja i prehrane mlade biljke osvrnut ću se u slijedećem dijelu.

IV. Fiziološko značenje aleuronskog sloja i njegova važnost za klijanje sjemena.

Godine 1890. istupio je *Haberlandt*¹⁰ s jednom hipotezom zastupajući u opreci prema dotadašnjem shvaćanju mišljenje, da je aleuronski sloj gramineja posebna žlijezda za izlučivanje diastaze potrebite za rastapanje škroba u sjemenu. Glavne su tačke njegove hipoteze, kod koje je on ostao usprkos svih kritika i napadaja¹² (p. 470.):

1. U većini slučajeva stvaraju enzime potrebne za probavu t. j. mobilizaciju rezervnih tvari u sjemenu za vrijeme klijanja protoplasti samih rezervnih stanica. U sjemenu pak, koje brzo klije,

upotpunjuju to djelovanje posebne probavne žlijezde, kod gramineja apsorpciono staničje skuteluma (kotiledona), a naročito aleuronski sloj endosperma.

2. Rezervne tvari nagomilane u aleuronskom sloju ne izlaze iz njega napolje, nakon što su rastopljene, već služe u glavnome za izgradnju velikih protoplasta (»mächtig entwickelter Plasmakörper«) u samim aleuronskim stanicama, kakovi su značajni za tipične žlijezdane stanice. Prema tome aleuronski sloj nije rezervni sloj.

3. Sekretiju diastaze po stanicama aleuronskoga sloja dokazuju:

a) T a n g l-ova opažanja, da korozija i rastapanje škroba u endospermu nastupa ranije i jače u stanicama, koje su neposredno ispod aleuronskog sloja, nego li u središnjem dijelu njegovom.

b) Pokusi autora samoga (kao direktni dokaz): on je naime sa sjemena, koje je klijalno, skinuo komadiće ljske zajedno s aleuronskim slojem te je na njih namazao kašu od škroba odnosno raženog brašna; iza 24 sata bila su škrobna zrnca te kaše jako korodirana za razliku od škroba kontrolne kaše.

Tome su mišljenju prigovorili najprije B r o w n i M o r r i s,⁵ koji zastupaju staro S a c h s-ovo shvaćanje, da diastazu proizvada sam embrio odnosno apsorpcioni epitel skuteluma. Oni drže, da se diastatsko djelovanje u Haberlandt-ovom pokusu osniva na tome, što aleuronski sloj i testa sjemena za klijanja apsorbiraju jedan dio diastaze, što je izlučuje skutelum.

Da pobije spomenuti prigovor, izveo je H a b e r l a n d t slije-deći pokus¹¹ (p. 455.): Na rubu skuteluma isključiva zrna raži zarezao je u testu u utaknuo u zarez komadić ljske s aleuronskim slojem drugoga nabubrelog zrna, koje još nije počelo klijeti. Iza 24 sata izvadio je taj komadić, zaronio ga kroz pola sata pod vodu, a zatim je načinio s njime svoj poznati pokus sa škrobnom kašom. Nakon 24 sata nije se opažala na toj kaši nikakova korozija, ma da je bilo dosta vremena, da se komadići ljske impregniraju diastazom, što ju izlučuje skutelum.

Kasnije je L i n z¹⁶ pokusima sa *Zea mais* dokazao, da sadržaj diastaze u endospermu lišenom aleuronskoga sloja raste za vrijeme klijanja jednako jako kao da taj sloj nije odstranjen. Aleuronski pak sloj zrnâ, koja su bubrila dva dana, ne sadržaje razmjerno više diastaze nego endosperm. Prema tome zaključuje on, da aleuronski sloj ne proizvada onu diastazu, koja se za vrijeme klijanja pojavljuje u endospermu. Što se tiče T a n g l-ovih opažanja, primjećuje L i n z, da je u svim rezervnim spremištima rastapanje na periferiji energično, dok su u dijelovima staničja bližim sredini produkti rastapanja škroba prolazeći onuda zaprekom lokalnome otapanju.*

* Odgovara posve B e r t h o l l e t-ovom principu djelovanja masa: da se započeta reakcija privede kraju, neophodno je potrebno trajno odstranjivanje produkata tvarne izmjene; ako se potonji nagomilaju, usporuju i napokon sasvim zaustave daljnu izmjenu tvari. VI. op.

Kao predstavnici drugoga smjera u pitanju fiziologije klijanja, koji stavlja sijelo postanka diastaze u sam endosperm, istupili su protiv *Haberlandt*-ove hipoteze *Pfeffer* i *Hansteen*. Već je *Krabbe*¹⁵ (p. 588.) držao dosta vjerovatnim, da diastaza uopće ne putuje nego nastaje na samome mjestu svoje djelatnosti: u endospermu, kod žitarica doduše istom u povodu nekog podražaja sa strane embrija. Pokusi, što ih je *Hansteen*¹⁴ (p. 418.) na poticaj *Pfeffer*-ov i po njegovoj uputi izveo s endospermima *Zea mais*, izoliranim od embrija i aleuronskog sloja, pokazali su, da se takovi endospermi nasadeni na sadrene stupčiče ispražnjuju jednako energično kao u prisutnosti aleuronskog sloja, ako samo dovoljna količina vode, u koju su stupčići zataknuti, skrbi za odvajanje glukoze.

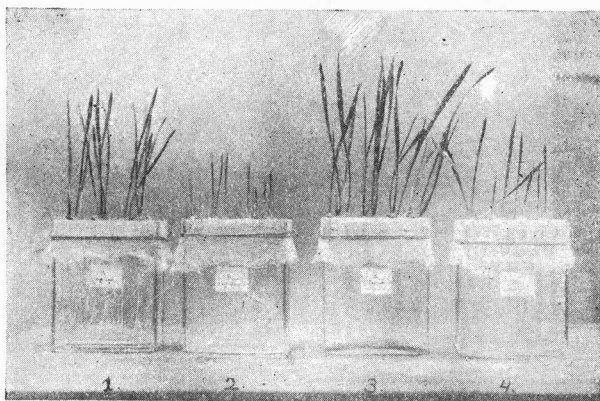
Prema tome zaključuje *Pfeffer*²⁴, da je normalno ispražnjivanje endosperma vezano na potrošnju sladora u klici, a za takovu regulatornu djelatnost ne treba utjecaja sekreta (enzima) ni podražaja od embrija, jer interne endospermske stanice imaju same po sebi sposobnost, da pokrenu pretvorbu škroba. Stoga nema po njegovome mišljenju dovoljno nužnih razloga držati aleuronski sloj specijalnim staničjem za izlučivanje diastaze.

U najnovije se vrijeme bavila pitanjem ispražnjivanja endosperma *F. Besseneich*⁴. Ona potvrđuje rezultate *Hansteen*-ove, da se endospermske stanice mogu ispražnjivati bez sekretoričnog djelovanja klice. Za *Haberlandt*-ovo shvaćanje govori njezino opažanje, da se prve posve od škroba ispražnjene stanice nalaze neposredno ispod aleuronskoga sloja i da na mjestima, gdje je aleuronski sloj ozlijeđen, izostane u stanicama endosperma raspadanje škroba. Osim toga navada autorica, da nije nikad opažala ispražnjivanje sa skutelarne strane, dakle protivno nego li je po svojim pokusima (takoder za *Zea mais*) zaključivao *Puriewitsch*²⁵, koji se inače nije upuštao u kritiku *Haberlandt*-ove hipoteze.

Pokus, na kojima gore spomenuti autori osnivaju svoje dokaze protiv *Haberlandt*-a, sastoje se većinom u kulturama samih endosperma lišenih embrija i skuteluma odnosno embrija i aleuronskog sloja te nasadenih na sadrene stupčiče u vodi. Takovi su pak pokusi mogli da odgovore lih na pitanje, može li endosperm sam izlučivati diastazu ili je za to potreban još i embrio odnosno aleuronski sloj. Međutim se tu pita, kakovu funkciju vrši uopće aleuronski sloj za vrijeme klijanja? Bilo je dakle pogriješno izolirati endosperm sam za sebe, već je valjalo endosperm zajedno s embrijem izolirati od aleuronskoga sloja, uzgajati ih dalje i što duže pratiti razvoj klice. U tu sam svrhu na poticaj g. prof. Vouka izveo veći niz pokusa sa sjemenjem od *Triticum vulgare* i *Zea mais* na ovaj način:

Sa zrna je skinuta ljuska zajedno s aleuronskim slojem. Napose je kod kukuruza, gdje je taj sloj čvrsto prionuo uz tvrdi caklavi

endosperm, još nakon toga zrno polirano sa staklenim papirom. Potom je sterilizovano zrno s 1‰ vodenom otopinom sublimata odnosno 1%-nom vodenom otopinom CuSO_4 , isplakano sa sterilizovanom destilovanom vodom i stavljeno u istoj da nabubri kod konstantne temperature u termostatu (za *Triticum* oko 15 °C, za *Zea mays* oko 30 °C). Kontrole radi isto je tako desinficirana i nabubrena veća količina normalnog zrnja. Iza 24 sata bubrenja nasadeno je posebice normalno, a posebice preparirano zrnje na vlažni filterpapir u sterilizovane Petrijeve šalice da iskljuje u termostatu. Čim bi korijen narastao do dovoljne dužine, oko 10 mm (za to treba kod prepariranog zrna oko 24 sata duže nego li kod normalnog), nasadeno je zrnje pod staklenim zvoncem na mousselin (gaze) razapet na sterilizovane čaše sa hranivom otopinom. Uvijek je uzgajana po jedna partija normalnog zrna na čistoj destilovanoj vodi i paralelno na Crone-ovoj otopini, a po jedna partija prepariranog zrnja također na destilovanoj vodi i Crone-ovoj otopini. Pored toga su kod prvih pokusa s pšenicom i kukuruzom uzgajane istodobno za kon-



Sl. 10. *Triticum vulgare*, pokus I., 10. dan od početka klijanja.

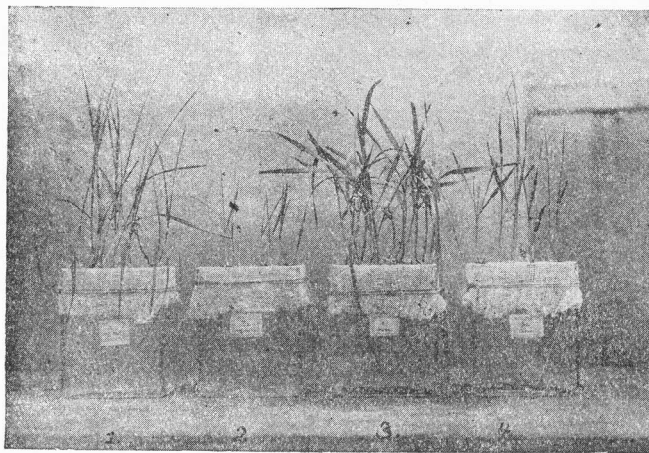
trolu posve jednake kulture u tmni. Kulture su bile smještene u posebnom stakleniku za fiziološke pokuse, te je osim temperiranog uzduha i vlage, također rasvjeta odgovarala približno naravnoj rasvjeti napolju. Nakon dva do tri tjedna završena je kultura te su biljke pojedince izmjerene. Kod pšenice je uvijek mjerena dužina koleoptile, zatim dužina od baze stabljike do vrška prvoga odnosno drugoga lista, dok je kod kukuruza mjerena dužina do vrha prvoga, drugoga i trećega lista. Sva ta mjerenja i opažanja složena su u opširne tabele, kojih ovdje zbog skućenog prostora ne donosim, već navadam samo ukratko rezultate opisanih pokusa:

1. Zrno lišeno aleuronskoga sloja zaostaje u klijanju znatno iza normalnog zrna. Taj zaostatak iznosi u početku klijanja kod optimalne temperature otprilike 24 sata,

dok je kod niže temperature još veći. Ukratko: energija je klijanja uslijed gubitka aleuronskoga sloja smanjena.

2. Klice bez aleuronskoga sloja zaostaju uvijek razmjerno u svome razvoju za normalnima bile one uzgajane na destilovanoj vodi ili na Crone-ovoj otopini (sl. 10., 11. i 12.).*

3. Zaostajanje klica bez aleurona za normalnima manje je u početku kulture (sl. 10.), dočim se kasnije uvećava i jasnije ističe uslijed mnogo bržeg razvoja normalnih biljaka (sl. 11.). Drugim riječima: biljka bez aleuronskoga sloja ne može pod jednakim i normalnim inače uvjetima nikako više dostići u razvoju normalnu biljku. Da bude stvar još jasnija, evo jednoga primjera iz mojih pokusa: Klice pšenice bez aleurona uzgajane na Crone-ovoj otopini (dakle s dovoljno mineralne hrane) zaostaju u razvoju za normalnima i onda, kada su potnije



Sl. 11. *Triticum vulgare*, pokus I., 16. dan od početka klijanja.

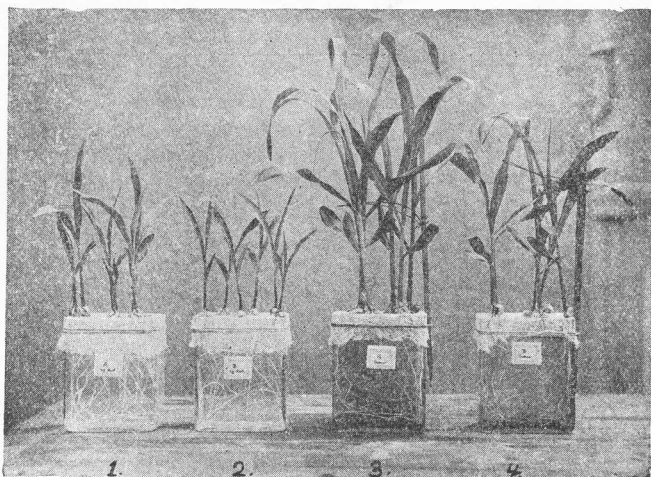
uzgajane u potpunoj nestašici mineralnih tvari — na destilovanoj vodi, te ih bar za trajanja pokusa ne mogu dostići (usporedi sl. 10. naprama sl. 11.).

4. Endosperm se normalnog zrna mnogo brže troši, nego li endosperm zrna bez aleuronskoga sloja. Na pr. endosperm normalnog zrna od *Zea mais* bude za vrijeme trajanja kulture (kroz 3 sedmice) rastopljen i posve apsorbiran tako, da mu sjemenska ljuska splasne posvema poput prazne vrećice (što kod *Triticum vulg.* bude već za 14 dana), dok se endosperm oguljenog zrna raspuca, osuši i samo u pukotinama sprhne u

* Na slikama 10. do 12. prikazuje broj 1 normalne biljke, a broj 2 preparirane biljke na destilovanoj vodi, broj 3 normalne biljke, a 4 preparirane biljke na Crone-ovoj otopini.

brašno, koje sastoji iz korodiranog škroba, a izvana zadrži prvotni obujam i caklavost.

K spomenutim rezultatima pridodajem još, da je kontrola u tmini (naravno u razmjeru upliva etiolmana) potvrdila rezultate pokusa u svjetlu. Da pak budem siguran, ne zaostaju li možda klice lišene aleuronskog sloja za normalnima uslijed ozlijede, koja im je nanešena preparacijom, izveo sam s *Triticum vulgare* poseban pokus. Upotrebene su četiri kategorije pšeničnog zrnja: a) normalno zrno, b) zrno lišeno posvema aleuronskog sloja (kao kod svih predašnjih pokusa), c) zrno na pola lišeno aleuronskog sloja t. j. samo s jedne strane (počev od sredine medijane brazde do sredine hrptene strane), d) zrno presječeno popreko po polovici, te je samo donja polovica s čitavim embrijem i skutelumom te pripadni endosperm sa svojim dijelom aleuronskoga sloja i teste upotrebljen za kulturu. Tako je pripravljeno zrnje sterilizovano, nabu-



Sl. 12. Zea mais, pokus II., 18. dan od početka klijanja.

breno i isključano kao obično, a onda je svaka od spomenutih kategorija posebice stavljena na Crone-ovu otopinu. Kultura je trajala 3 sedmice, a rezultat se jasno razabire iz sl. 13.

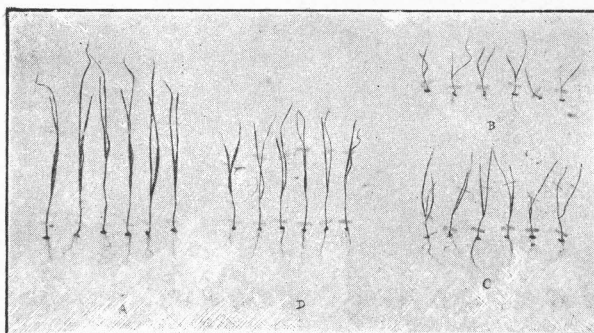
Prema tome znatno jača ozlijeda kod kategorije d) nije prouzročila ni izdaleka toliki zaostatak u razvoju naprama normalnoj klici (kateg. a), kaošto ga je prouzročio već gubitak polovice površine aleuronskog sloja u kategorije c). Odatle zaključujem, da se kod svih prije opisanih pokusa zaostatak prepariranih klica nema pripisati djelovanju ozlijede, već lih ili bar u prvome redu gubitku aleuronskoga sloja.

Iz svih gore opisanih rezultata mogu da zaključim slijedeće:

1. Aleuronski sloj doprinosi kod klijanja sjemena doduše jedan dio diastaze, ali on nije specifična žlijezda za proizvodnju njezino, jer bi u tome slučaju spomenuta funkcija bila isključivo njemu pridržana. Tada pak ne bi zrno lišeno aleuronskog sloja moglo uopće klijati ili se barem ne bi moglo dovinuti do toga, da se samostalno hrani pomoću korijena i listova.

2. Osim aleuronskoga sloja izlučuju distazu za vrijeme klijanja također stanice endosperma (kako to potvrđuju istraživanja Pfeffer-a, Hansteen-a, Krabbe-a, Linza-a i Bessenich-eve) i skutelum (prema Haberlandt-u, Hansteen-u, Linz-u i Puriewitsch-u). Prema tome endosperm i skutelum nadoknađuju kod prepariranog sjemena do neke mjere manjak diastaze uslijed gubitka aleuronskog sloja i omogućuju tako njegov — makar i slabiji — razvoj.

3. Aleuronski je sloj rezervni sloj, kojega bjelanjaste zalihe služe mladoj biljci za hranu u doba, kad je već sposobna da se samostalno hrani



Sl. 13. *Triticum vulgare*, pokus II., 17. dan od početka klijanja.

pomoću korijena i lišća. To slijedi dijelom već iz mojih citoloških istraživanja, razloženih u III. dijelu radnje, koja pokazuju postepeno raspadanje aleuronskoga sloja i rastapanje njegovog sadržaja sve do potpune destrukcije u doba, kad je već sav endosperm rastopljen i apsorbiran. Produkti se toga rastapanja sakupe konačno u splasnutoj mješini impermeabilne teste, odakle ne mogu nikuda napolje ishlapati. Pošto ih konačno nestane, mora da ih je apsorbirala mlada biljka. Za to govore također opažanja Netolitzkoga²⁵ (p. 268.), da se kod mladih već samostalnih biljaka vrsti *Triticum*, *Hordeum* i *Avena* u plodovima, koji su na običan način sijani u zemlju 3 do 5 cm duboko, najprije rastanje stanične stijene aleuronskoga sloja, kasnije se raspadaju i najposlije ih nestane. Odatle on zaključuje, da se žlijezdane stanice po završetku proizvodnje diastaze upotrebe još za ishranu mladih biljaka. Za kasnu mobilizaciju bjelanjastih rezerva aleuronskoga sloja govore

i moja opažanja prigodom pokusa sa pšenicom i kukuruzom, da se naime razlika u razvoju normalnih klica i onih bez aleuronskoga sloja povećava u korist prvih za kasnijih dana klijanja i to upravo u doba, kada se prema citološkim istrživanjima aleuronski sloj već posvema raspao. Tada naime normalne biljke dobiju još jedan dodatak k ostaloj hrani, što si je pribavljaju korijenjem i asimilacijom CO₂, u obliku rastvorbenih produkata aleuronskoga sloja, koji ih potakne, da još jače pošiknu u vis, dočim biljke uzrasle bez aleuronskog sloja ostanu i nadalje u svojem jednolično sporom razvoju, pa se njihov zaostatak time još jače istakne.

LITERATURA.

1. Arnold Z.: Peklova hipoteza o mikogenom podrijetlu aleurona. Acta botanica inst. bot. Zagreb. I., 1925.
2. Beauverie J.: Sur la pretendue découverte d'une symbiose fongique des semences de Graminées. Bulletin d. s. de la Soc. d. Sc. de Nancy. Sér. III., T. XV., fasc. I., 15-é ann., 1914.
3. Benecke - Jost: Pflanzenphysiologie, Bd. I., 4. Aufl., Jena 1924.
4. Bessenich F.: Untersuchungen über die Endospermentleerung v. Zea Mais. Jahrb. f. wiss. Botanik, 1924. 63.
5. Brown and Morris: Researches on the Germination of some of the Gramineae. Journ. of the Chem. Society, 1890. (cit. prema Haberlandt 12).
6. Czapek F.: Biochemie der Pflanze. Bd. 2., 2. Aufl., 1920.
7. Dangeard P.: L'évolution des grains d'aleurone en vacuoles ordinaires et la formation des tannins. Compt. rend. Acad. Sc. Paris, t. 172., 1921.
8. Dangeard P.: Sur la formation des grains d'aleurone dans l'albume du Ricin. Compt. rend., t. 173., 1921.
9. Dangeard P.: Sur l'origine des vacuoles aux dépens de l'aleurone pendant la germination des Graminées. Compt. rend., t. 174, 1922.
10. Haberlandt G.: Die Kleberschichte des Grasendosperms als Diastase ausscheidendes Drüsengewebe. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. VIII., 1890. (cit. prema Haberlandt 12).
11. Haberlandt G.: Physiologische Pflanzenanatomie, 2. Aufl., Leipzig 1896.
12. Haberlandt G.: Physiologische Pflanzenanatomie, 5. Aufl., Leipzig 1918.
13. Hanausek F. T.: Lehrbuch der technischen Mikroskopie. Stuttgart 1901.
14. Hansteen B.: Ueber die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen. Flora 1894. Ergzbd.
15. Krabbe G.: Untersuchungen über das Diastaseferment. Jahrb. f. wiss. Botanik XXI., 1890.
16. Linz F.: Beiträge zur Keimung von Zea Mais. Pringsheim Jahrb. f. wiss. Botanik 1896.

17. Lüdtk e F.: Beiträge zur Kenntnis der Aleuronkörner. Jahrb. f. wiss. Botanik 1890.
18. Meyer A.: Analyse der Zelle I. Jena 1920.
19. Moeller J.: Mikroskopie der Nahrungs- u. Genussmittel a. d. Pflanzenreiche. Berlin 1905.
20. Mottier D. M.: On certain plastids, with special reference to the protein bodies of Zea, Ricinus and Conopholis. Annals of Botany, Vol. XXXV., No. 139., 1921.
21. Möbius M.: Mikroskopisches Praktikum f. systemat. Botanik I. Berlin 1912.
22. Netolitzky F.: Anatomie der Angiospermen-Samen. Handb. d. Pflanzenanatomie II. 2., Bd. X. 1926.
23. Netolitzky F.: Anatomische Beobachtungen an Zerealienfrüchten. Oesterr. botan. Zeitschr. 64. Jahrg. 1914.
24. Pfeffer W.: Ueber die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen. Sitzungsber. d. kön. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1893.
25. Puriewitsch K.: Physiolog. Untersuchungen üb. die Entleerung der Reservestoffbehälter. Pringsheim Jahrb. f. wiss. Botanik, 31., 1898.
26. Strasburger E.: Das botanische Praktikum. V. Aufl., Jena 1913.
27. Strasburger, Noll, Schenk, Schimper: Lehrbuch der Botanik., 16. Aufl., Jena 1923.
28. Vouk V.: Ueber den plastidogenen Ursprung der Aleuronkörner. Acta botanica inst. bot. Zagreb. I., 1925.

DODATAK.

Kad se već rukopis nalazio u tisku, dobio sam u ruku radnju od g. Finn Koll e: Beiträge zur Kenntnis der sogenannten Kleber- oder Aleuronschicht bei den Samen der Gramineen und anderen Pflanzenfamilien. (Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bind 64. Oslo 1926. p. 116—127.).

Na osnovu sličnoga pokusa s ljuštenim i neljuštenim sjemenjem od *Triticum*, što ih Koll e uzgaja na vlažnome filterpapi ru u Petrijev im šalicama kroz 7 dana, dolazi on do rezultata, koji potvrđuje moja istraživanja, da su naime aleuronske stanice neophodno potrebne za mladu biljku. »Die Funktion ist eine nährstoffspeichernde und zwar handelt es sich in erster Linie um Eiweissstoffe...« Nadalje tvrdi autor: »In den Fällen, wo Stärke die Hauptmenge des Reservestoffes ist, dürften die in den Aleuronzellen enthaltenen Nährstoffe von wesentlicher Bedeutung sein, ohne welche die junge Pflanze nicht auskommen kann«. On se međutim ne upušta u dalje istraživanje, u čemu zapravo sastoji važnost hranivih tvari aleron-skih stanica.

Inače je karakter citirane radnje više morfološko-anatomski. Autor nalazi aleuronski sloj ne samo u gramineja, već i u drugih familija sa škrobnim endospermom, te kod onih sa sluzavim endospermom, kao što su *Convolvulaceae* i neke leguminoze.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die vorliegende Arbeit enthält Untersuchungen an *Triticum vulgare* und *Zea mais* über die Entwicklung der Aleuronschicht und des Aleurons, über den Abbau und die Aufgabe desselben bei der Keimung.

Im ersten Abschnitt verfolgt der Verf. an Weizenfrüchten verschiedener Reifegrade die Entwicklung der Aleuronschicht (Abb. 1. u 2.). Seine Untersuchungen, besonders betreffend das Verhalten dieser Schicht in der Medianfurche, bestätigen die allgemein vertretene Ansicht, dass sie dem Endosperm als seine äusserste Schicht angehört und ihre Zellen wohl nur infolge Anpassung an eine besondere Funktion abweichende Gestalt angenommen haben. In die erwähnte Furche biegen alle Schichten der Samenhaut ein, mit Ausnahme des Perisperms und der Aleuronschicht (Abb. 3.). Letztere begrenzt das Endosperm gegen den Nucellarpolster und weist in reiferen Früchten als Inhalt verkümmerte Aleuronkörner auf. Im selben Sinne sprechen Untersuchungen von Netolitzky und Humphrey, nach welchen auch bei mehreren anderen monokotylen Familien äussere Endospermschichten als Eiweisspeicher dienen können.

Nach einer Uebersicht verschiedener Hypothesen über den Ursprung der Aleuronkörner entscheidet sich der Verf. im zweiten Abschnitt der Abhandlung auf Grund seiner früheren Untersuchungen bei der Nachprüfung von Peklo's Hypothese für den plastidogenen Ursprung im Sinne Vouk's. Analoge Untersuchungen an Früchten von *Triticum vulgare* (in verschiedenen Reifestadien fixiert) sprechen für den plastidogenen Ursprung auch jener Aleuronkörner in den Zellen vom Embryo bzw. Skutellum. Im Gegensatz zur Entwicklung der Aleuronkörner in der Aleuronschicht bilden hier zumeist mehrere Plastiden (Abb. 4.) einen Kondensationsherd, wobei sich jeder mit einer rundlichen Eiweisschülle umgibt, deren mehrere an ihren Berührungspunkten miteinander verschmelzen und so Aleuronkörner (Abb. 5.) mit mehreren Einschlüssen (»Globoiden« od. richtiger Plastiden bilden). Das abweichende Verhalten der Aleuronkörner in der Aleuronschicht schreibt der Verf. ihrem abweichenden chemischen Charakter zu.

Dritter Abschnitt erörtert die Auflösung und den Verbrauch des Aleurons während der Keimung. Untersuchungen an Weizensamen, die vom Anfang der Keimung an in regelmässigen Zeitabständen in 3 verschiedenen Fixiermitteln fixiert, in Paraffin eingebettet und nach 3 verschiedenen Methoden gefärbt wurden, ergaben folgendes: Der Auflösung verfallen sowohl die Aleuronkörner der Aleuronschicht als auch jene des Embryos bzw. des Skutellums. Sie beginnt in allen Fällen mit einer Quellung der Aleuronkörner (Abb. 6.), die sich abrunden, ihren Umfang vergrössern, häufig zu mehreren miteinander verschmelzen und grösseren

unregelmässigen Vakuolen ähnlich werden. Die Plastide bzw. ihre Skelette, die bei Anwendung entsprechender Färbungen sichtbar gemacht werden können, zerfallen dabei vielfach in kleinere Körnchen und werden in den Vakuolen sowie im Zellplasma verstreut (Abb. 7.).

In den Zellen des Skutellums fängt der Prozess viel früher an, gleich infolge der Quellung der Samen, die Aleuronkörner erscheinen zum Teil inmitten grösserer Vakuolen (Abb. 8. u. 9.), die Auflösung schreitet rasch fort und ist nach etwa vier bis fünf Tagen der Keimung beendet. Zu diesem Zeitpunkt fängt in der Aleuronschicht erst die Quellung der Aleuronkörner an und die Auflösung erfolgt langsam, bis sie nach etwa vierzehn Tagen unter gleichzeitiger Desorganisation der Schicht selbst zur Zeit, da das Endosperm schon vollkommen entleert ist, ihren Höhepunkt erreicht hat.

Der vierte Abschnitt erhält Untersuchungen über die Physiologie der Aleuronschicht und ihre Rolle bei der Keimung. Nach kurzer Darlegung der Haberlandtschen Hypothese über die Aleuronschicht als Diastase ausscheidendes Drüsengewebe und der verschiedenen Auffassungen seiner Gegner, die den Sitz der Diastasebildung teils im Embryo bzw. Skutellum teils im Endosperm selbst suchen, verweist der Verf. auf die Unzulänglichkeit der bisherigen Kulturmethode mit isolierten Endospermen auf Gypssäulchen. Um auf die Frage antworten zu können, welche Funktion überhaupt der Aleuronschicht während der Keimung zukommt, muss man das Endosperm samt Embryo von der Aleuronschicht befreien, keimen lassen und weiter kultivieren. Eine Reihe vom Verf. durchgeführter Kulturversuche auf destilliertem Wasser und auf Crone-scher Nährlösung mit entsprechend präparierten, sterilisierten, dann steril gequollenen und aufgekeimten Weizen- bzw. Maissamen unter Anwendung zweckmässiger Kontrollmassnahmen ergab folgende Resultate:

1. Von der Aleuronschicht befreite Samen keimten bedeutend langsamer und weniger energisch als normale Samen.

2. Keimlinge aus Samen ohne Aleuronschicht blieben immer hinter normalen zurück, ob nun die beiden Gruppen auf destilliertem Wasser oder auf Crone-scher Lösung gezogen wurden. (Abb. 10., 11. u. 12. numeriert mit 1. u. 2. auf destill. Wasser, bzw. 3. u. 4. auf Crone.)

3. Der Gegensatz in der Entwicklung normaler Keimlinge zu jenen ohne Aleuronschicht verschärfte sich mit fortschreitendem Wachstum stets zugunsten der ersteren.

4. Das Endosperm der normalen Keimlinge wurde viel rascher verzehrt als jenes der präparierten.

Ein besonderer Kontrollversuch mit Weizensamen zeigte, dass die Verzögerung der Entwicklung der Keimlinge aus präparierten Samen wohl in erster Linie durch das Fehlen der Aleuronschicht verursacht wurde, dagegen kaum eine Folge der Verletzung sein konnte. (Abb. 13.).

Aus allem vorerwähnten schliesst der Verfasser:

1. Die Aleuronschicht liefert zwar bei der Keimung einen Teil der Diastase, sie ist jedoch kein spezifisches Drüsengewebe für deren Produktion.

2. Daneben wird die Diastase auch von den Zellen des Endosperms sowie vom Skutellum ausgeschieden.

3. Die Aleuronschicht ist eine Reserveschicht, deren Eiweissvorräte allerdings erst spät der Keimpflanze zur Verfügung gestellt werden, als sie schon einer selbstständigen Ernährung fähig ist. Letzteres bestätigen auch die Ergebnisse eigener cytologischer Untersuchungen im dritten Abschnitt, die einen allmählichen Zerfall der Aleuronschicht und ihres Inhalts bis zu ihrer vollständigen Auflösung zur Zeit, da das Endosperm schon vollständig verzehrt ist, zeigen.
