水稻伸長茎の節における肥大維管束と分散維管束の微細構造*

長 南 信 雄・川 原 治之助・松 田 智 明

(茨城大学農学部)

昭和60年4月22日受理

水稻伸長茎の節の維管束は川原ら⁷⁾と ZEE¹⁶⁾によって光顕観察が行われている。これらの報告によると、節の維管束は肥大維管束と分散維管束および節網維管束に分類されている。肥大維管束は葉の大小維管束が節内に入って肥大したもので、この維管束の周囲を2節上の葉から下降してきた大維管束が分散維管束となっており囲んでいる。肥大維管束の木部では仮道管と木部柔細胞がモザイク状にからみ合い、木部転送細胞が存在することから、蒸散流内溶質はこれらの細胞によって選択的に吸収されて肥大維管束師部あるいは分散維管束に転送されるものと推定されている⁷⁾。

節における木部転送細胞の存在はイネ^{7,8,16)}のほかにもコムギ^{1,13,14)} やタケ¹⁷⁾ および多くの草本被子植物⁵⁾ で認められており、とくに葉跡の枝分かれする部分で細胞壁突起の発達の著しいことが知られている。また、節では師部転送細胞の存在も知られているが^{5,14,17)}、その出現頻度は木部転送細胞よりも少く、イネの節では師部転送細胞の存在が確認されていない^{7,8,16)}。

このように節では転送細胞によって特徴づけられるように、維管束間あるいは木部師部間で溶質移動が盛んに行われているものと推定されるが、これをトレーサーによって実証した実験は、小畑ら¹¹⁾ の水稻節における ⁶⁵Zn のオートラジオグラフィによる研究と川原ら⁷⁾ によるバリウムの通導実験がある。本研究は前報⁷⁾ にひきつづいて水稻の節における溶質移動の問題をさらに詳細に検討するため、肥大維管束と分散維管束の微細構造を電顕によって観察したものである。

材 料 と 方 法

電顕観察に用いた材料は、ポットで湛水栽培した水稻品種コシヒカリの上からかぞえて第Ⅱ節と第Ⅳ節である。第Ⅱ節は止葉抽出期に採取し、第Ⅳ節は出穂期に採取した。各節を約1mmの厚さに横断し、それをさらに放射状に切断して4～6個の組織片とした。組

織片を緩衝液で1%または2%に調整したグルタルアルデヒドで室温1.5～3時間固定したのち、pH7.0, 0.05 M のカコジル酸ナトリウム緩衝液で数回洗い、さらに1%オスミック酸で室温30分間固定した。組織片をエタノールシリーズで脱水したのち、スパー樹脂に包埋し、横断の超薄切片を作製した。超薄切片はウラニウムと鉛で染色して電顕(JEM-100 S)により観察した。なお、電顕観察は大維管束の肥大部とその周辺の分散維管束について行った。

観 察 結 果

1. 肥大維管束の微細構造

(1) 師 部

前報⁷⁾ の光顕観察の結果によると、肥大維管束の師部断面積は節間部の約4倍に拡大し、伴細胞の識別が困難となり、直径の大きい師部柔細胞の数が増加する。これらの観察結果は肥大維管束師部の電顕像(第1図)によってさらに明瞭となる。すなわち、肥大維管束師部では師管と対をなす伴細胞がみられず、師管(SE)と師部柔細胞(PP)が不規則に配列し、師部柔細胞の数は師管の約2倍となる。したがって、ほとんどの師管は師部柔細胞によって包囲され、1個の師管が2個以上の師部柔細胞と原形質連絡によって連絡し、この原形質連絡は師部柔細胞側で分枝することもある。また師部柔細胞相互間にも原形質連絡は存在するが、その中にも分枝しているものがみられる。

肥大維管束の師管の直径は4～10 μm で葉鞘大維管束の師管とほぼ同じ大きさである⁸⁾。これらの師管内にはP-プラスチックド(pp)に由来するたんぱく質結晶体(pb)がみられるが、そのほかには稀に小型のミトコンドリア(m)の含まれることがあり、第Ⅱ節では少量の真綿状構造物が散在している。師部柔細胞内には比較的大きな核が存在し、ミトコンドリアとでんぷん粒を含まないプラスチックド(p)、粗面小胞体(er)およびリボソームなどが比較的多い。

肥大維管束は師部を木部がとり囲む外木包囲型維管束で、師部と木部の接触面は両構成細胞が密接に入りくんでいる^{7,8)}。第2図は師部と木部の境界部を示し、

* 大要は第176回講演会(昭和58年10月)で発表。本研究の一部は農林水産省総合研究「グリーンエネルギー計画」研究費によった(GEP-85-II-3-6)。

師管と道管の間には3～4層の柔細胞が配列している。師管側の柔細胞は道管側の柔細胞よりも小型であるが、師部と木部の柔細胞を明瞭に区別することは困難である。境界部の柔細胞にはミトコンドリアとプラスチッドおよび粗面小胞体などが存在し、これら柔細胞は原形質連絡によって相互に連絡している。

(2) 木部

肥大維管束の木部では仮道管と木部柔細胞がモザイク状にからみ合っていて、木部周辺部には木部転送細胞が存在する⁷⁾。木部転送細胞は仮道管(T)に接して形成され、細胞壁の内部突起(wi)は仮道管側から放射状に発達し、細胞直径の約3分の1の長さに伸びて、その先端がY字型に分枝する場合もみられる(第3, 4図)。木部転送細胞の2次壁はやや電子密度が高く、壁孔部では仮道管の内腔に露出しているようにみえる場合もある(第4図)。一方、木部転送細胞の原形質膜は内部壁突起の複雑な輪郭に沿って発達し、膜表面積を著しく拡大している。木部転送細胞にはクリステの発達したミトコンドリアが多く、その一部は原形質膜に接触しているものもみられる。そのほか木部転送細胞内には少数のチラコイド膜とプラスチッドをもったプラスチッドがみられるが、その限界膜付近には網状構造を発達させているものがある

(第3図)。また木部転送細胞にはリボソームが豊富で、そのほかに粗面小胞体(er)やゴルジ体(d)および好オスミウム性顆粒(o)なども観察される。

肥大維管束の木部には木部転送細胞のほかに構造の異なる2種類の木部柔細胞(XP)がみられる。その1つは仮道管に接しているが細胞壁突起をもたず、細胞質の構造は木部転送細胞とよく類似するものである(第5図)。もう1つは肥大木部の中央に位置する大型の木部柔細胞で、その内部には大きな液胞が発達しているが小器官は少ない。木部転送細胞と細胞質の濃い木部柔細胞は肥大木部の周辺部に位置し、仮道管と維管束鞘細胞(BS)にはさまれているものが多い。そしてこれらの木部転送細胞と木部柔細胞は維管束鞘細胞と接する細胞壁に多数の原形質連絡をもっている(第4, 5, 6図)。また木部柔細胞が相互に隣接している場合にも、その細胞壁に多数の原形質連絡がみられる(第5図)。

(3) 維管束鞘細胞および基本柔細胞

光顕観察によると、肥大維管束の維管束鞘細胞はほぼ立方体状の形で細胞壁はやや木化しているが壁厚がうすく、細胞壁には大きな孔紋がある⁷⁾。これらの特徴は電顕観察によっていっそう明瞭に認めることができる。すなわち、維管束鞘細胞(BS)の孔紋にはきわ

Fig. 1. A portion of phloem in the elliptical bundle from the fourth node ($\times 4,600$).

Fig. 2. Vascular parenchyma cells in the border region between phloem and xylem of the elliptical bundle from the fourth node ($\times 7,200$).

Figs. 3 and 4. Xylem transfer cells in the elliptical bundle from the fourth node. Wall ingrowths are developed on the wall contacting with the tracheary elements and plasmodesmata are present on the wall contacting with the bundle sheath cell (Fig. 3. $\times 12,500$, Fig. 4. $\times 9,000$).

Fig. 5. Xylem parenchyma cells without wall ingrowths around the tracheary elements in the elliptical bundle from the fourth node ($\times 7,000$).

Fig. 6. A bundle sheath cell of the elliptical bundle from the second node. The bundle sheath cell is connected by numerous plasmodesmata with xylem parenchyma cells and with fundamental parenchyma cells ($\times 4,500$).

Fig. 7. Cell walls with numerous plasmodesmata between fundamental parenchyma cells ($\times 4,500$).

Fig. 8. Portions of phloem and xylem in the diffuse bundle from the second node. Sieve plates (white arrows) are frequently found in the sieve elements ($\times 4,800$).

Figs. 9 and 10. Phloem parenchyma cells of the diffuse bundle from the second (Fig. 9) and fourth (Fig. 10) nodes. Abundant mitochondria and enlarged plastids are contained in the phloem parenchyma cells (Fig. 9. $\times 8,400$, Fig. 10. $\times 13,000$).

Abbreviations;

BS, bundle sheath cell; **PC**, fundamental parenchyma cell; **PP**, phloem parenchyma cell; **SE**, sieve element; **T**, tracheary element; **XP**, xylem parenchyma cell;

d, dictyosome; **er**, endoplasmic reticulum; **m**, mitochondrion; **n**, nucleus;

o, osmiophilic globule; **p**, plastid; **pb**, protein body; **pp**, P-type plastid; **wi**, wall

ingrowth.

めて多数の原形質連絡が存在し、孔紋以外の2次壁肥厚部分が少ないため、全般に細胞壁はうすい(第6図)。原形質連絡は維管束鞘細胞と木部柔細胞との間はもちろん維管束鞘細胞と基本柔細胞(PC)の間にも数多く存在し、さらに維管束鞘細胞相互間にも存在する。維管束鞘細胞は大きな液胞によって占められているが、この液胞は固定の際に収縮または破壊され易い。また維管束鞘細胞の細胞基質は稀薄でミトコンドリアなどの小器官も少ない。

肥大維管束と分散維管束の間には数層の基本柔細胞が配列しているが、この細胞壁にも大きな孔紋が存在し、光顕によって細胞壁の断面が珠数玉状にみえる⁷⁾。これを電顕によって観察すると、基本柔細胞は相互に多数の原形質連絡によって連絡している(第7図)。基本柔細胞ではプラスチッドが発達し、その中にはチラコイド膜の積み重なりとでんぷん粒がみられる。

2. 分散維管束の微細構造

光顕観察によると、分散維管束は外木包囲型で維管束鞘を欠き、師部では師管に比して師部柔細胞が大きく、師部柔細胞の原形質濃度の高いことが特徴とされている⁷⁾。分散維管束の電顕観察(第8図)によると、師管と師部柔細胞の数の比は約3.5:1で師管数の方が多く、師部柔細胞を師管がとり巻くようなかたちになっている。分散維管束は節内を斜めに走っているのので、横断切片によっても師板の断面を観察することができ、1つの師管が数個の師板(矢印)によって仕切られている場合もみられる。そしてこの師板を貫通する師孔はカロースによって完全に塞がっている。師管の直径は2~10 μm の範囲にあり、5 μm 以下のものが多い。師管内にはP-プラスチッド(pp)と少量の小型ミトコンドリアが含まれているが、P-プラスチッドは第IV節でも破壊されずに残っているものが多い。

分散維管束の師部には転送細胞がみられず、師部柔細胞は師管に比べて大きいものが多い。この師部柔細胞は大きな核と小さな液胞を有し、クリステの発達した多数のミトコンドリアとプラスチッドおよび粗面小胞体などの小器官とともに多量のリボソームを含んでいる(第9図)。なお、第IV節の師部柔細胞では著しく肥大したプラスチッドが観察される(第10図)。師部柔細胞と師管の間には原形質連絡が存在し、1個の師部柔細胞が複数の師管と連絡する場合もみられ、原形質連絡の一部は師部柔細胞側で分枝している。また、師部柔細胞が相互に接している場合にもその細胞壁に原形質連絡がみられる。しかし、分散維管束師部では肥大維管束師部に比べて一般に原形質連絡の出現

頻度は小さい。

分散維管束の木部には転送細胞が存在せず、木部柔細胞には液胞が発達していて小器官が少ない(第8図)。分散維管束の師部と木部の間には1~3層の木部あるいは師部の柔細胞が介在する。

考 察

前報⁷⁾では水稻の節における維管束の光顕観察結果およびバリウムの通導実験から、溶質の吸収とその転送経路について推論したが、この推論の妥当性は本研究によっていっそう明らかになったものと考えられる。そこで本論文では肥大維管束と分散維管束の構造的特徴ならびにその溶質移動における意義について、前報⁷⁾の知見に新たな知見を加えて考察することにする。

水稻節の肥大維管束は葉身、葉鞘および節間などの維管束^{2,3,4,6)}と比較していくつかの構造的特徴をもっている。物質の長距離輸送に関与する葉身や葉鞘および節間の縦走維管束は並立型で、大維管束では木部と師部の接触部はその中心附近を横切るV字型の断面に限られている。しかし、節の肥大維管束は外木包囲型となり、肥大した師部全体を木部がとり囲むため、木部と師部の接触面は並立型維管束よりも著しく拡大される。木部師部境界部における柔細胞間の原形質連絡についてみると、葉鞘大維管束では木部に接する数個の伴細胞のみが木部柔細胞と連絡しているに過ぎないが⁸⁾、肥大維管束では木部と師部の柔細胞が密接に入りこんでいて⁷⁾、これら柔細胞は相互に原形質連絡によって連絡している。肥大維管束の上記のような構造的特徴は、木部と師部の間である種の溶質がシンプラスト経路で盛んに移動している可能性を示唆するものである。

肥大維管束の構造的特徴として第2にあげられることは、並立型維管束に比べて師管と道管の数が著しく増加することである。これによって肥大維管束部での師管流と蒸散流はともに著しく停滞するものと推定されるが、このことは節内でのある種の溶質の選択的吸収と移動にとって重要な意味をもつと考えられる。

肥大維管束の第3の構造的特徴は、師部と木部の柔細胞数がともに増加し、それぞれ師管および仮道管との接触面を拡大させる点にある。葉身と葉鞘の縦走維管束師部では師管と伴細胞が対をなし、この両者の間には原形質連絡が存在する^{3,4,6)}。しかし、肥大維管束師部では師部柔細胞数が師管数の約2倍となり、師管がそれをとり囲む複数の師部柔細胞と原形質連絡によ

って連絡している。このような構造は師管と師部柔細胞の間の物質移動が、並立型維管束よりも盛んである可能性を示唆しているが、さらに肥大維管束の師部柔細胞にはミトコンドリアとプラスチッドおよびリボソームなどが比較的多く含まれていることから、この細胞は生理的活性が高いものと考えられる。師管流には光合成産物とともに葉から再転流してきた窒素化合物なども含まれているが、師部柔細胞は師管流からこれらの物質を吸収し、これと木部から転送されてきた溶質を材料として生化学的合成を行っているのかも知れない。

節の肥大維管束には木部転送細胞の存在することがコムギ^{13,14)}とタケ¹⁷⁾でも知られている。木部転送細胞の内部壁突起は仮道管側に発達し、その大部分が維管束鞘の方向に伸びていることは、従来のイネの観察によっても明らかにされた点である^{7,16)}。本研究では電顕観察によって木部転送細胞にクリステの発達したミトコンドリアが多く含まれ、隣接の維管束鞘細胞との間に多数の原形質連絡が存在することを明らかにしたが、このような構造的特徴はレタス子葉の中肋で観察された木部転送細胞と類似している¹⁵⁾。しかし、限界膜附近に網状構造の発達したプラスチッドは他の植物の木部転送細胞では観察されていない。なお、この網状構造の機能については明らかにされていない。

木部転送細胞は仮道管と接する細胞壁に突起を発達させることによって原形質膜の表面積を大きくし、蒸散流内溶質をアポプラストから選択的に吸収し、これを隣接柔細胞に転送する働きをもつと考えられている。また、維管束鞘細胞は少し木化し、壁孔に原形質連絡が多いので、これに接する木部転送細胞および木部柔細胞から、ある種の溶質はシンプラスト経路で維管束鞘細胞に移動する可能性が多いものと推定される。なお、木部転送細胞によって吸収された溶質の一部は前述のように肥大維管束師部にも転送されるものと考えられる。

肥大維管束の第4の構造的特徴として、維管束鞘細胞の細胞壁にきわめて多数の原形質連絡が存在し、かつ木化していることをあげることができる。維管束鞘細胞は木部柔細胞（木部転送細胞を含む）との間だけでなく、基本柔細胞との間にも多数の原形質連絡をもっているため、木部柔細胞によって吸収された溶質は維管束鞘細胞を経て基本柔細胞へシンプラスト経路で送られるものと推定される。

小畑ら¹¹⁾は水耕培養した水稻の根から⁶⁵Znを吸収させ、活動中心葉の節でオートラジオグラフィーによ

る観察を行った結果、肥大維管束と分散維管束の間の基本柔組織に⁶⁵Znが顕著に集積していることを認めた。また、⁶⁵Znは蒸散の活発な葉身には集積されず、急速伸長中の葉鞘や節間の基部および幼穂などの分裂組織に多量に集積されることも明らかにされている^{9,10,12)}。また、水稻の根から吸収させたバリウムを追跡した実験によると、節の肥大維管束木部に上昇してきたバリウムは基本柔組織と分散維管束にすみやかに移行することが認められている⁷⁾。これらの実験によって、肥大維管束から送られてきた溶質は基本柔組織内を移動して分散維管束に達するものと推定される。なお、基本柔組織内の溶質の移動経路については、基本柔細胞壁の孔紋が大きく原形質連絡も多いが木化していないので、シンプラスト経路とアポプラスト経路の両面からさらに検討される必要がある。

分散維管束は節間の維管束が節内で分枝したもので、その師部の総断面積は節間部の20~30倍にも達し、師管と師部柔細胞の数が著しく増加する。また分枝した個々の維管束は外木包囲型であるため、仮道管と木部柔細胞の総数も節間の維管束に比べて著しく増加する⁷⁾。このため分散維管束においても肥大維管束と同じように師管流と蒸散流の停滞が起こるものと推定される。しかし、分散維管束は肥大維管束と異なっており、維管束鞘を欠き木部柔細胞が基本柔細胞に接しているため、木部転送細胞をもっていない。このことは分散維管束における蒸散流からの溶質吸収が肥大維管束ほどに活発ではなく、むしろ周囲の基本柔細胞から移動してきた溶質が分散維管束の木部柔細胞を経由して師部に送られている可能性を示している。

肥大維管束と分散維管束は節の基部で連絡しているので、葉から下降してきた光合成産物は分散維管束の師部に入り、多くの師板に存在する師孔を通して節内を上昇することになる。一方、師部柔細胞内には多数のミトコンドリアが存在するので、前報⁷⁾でも推論されたように師管には光合成産物を上昇させるために多量のATPエネルギーが供給されているものと考えられる。

摘 要

水稻伸長茎の節における肥大維管束と分散維管束の微細構造を電顕により観察し、溶質の移動について検討した。

1. 葉の維管束は節に入ると肥大するが、この肥大維管束の師部では師管と師部柔細胞が著しく増加し、両者の比はおおよそ1:2となり、師管は複数の師部柔

細胞との間に原形質連絡をもっている。師部と木部の境界部では細胞質の濃い柔細胞が相互に原形質連絡で連絡している。この構造は肥大維管束の師部と木部の間である種の溶質が活発に移動している可能性を示唆している。

2. 肥大維管束の木部転送細胞には仮道管側に細胞壁突起が発達し、クリステの発達したミトコンドリアと限界膜の内側に網状構造の発達したプラスチッドが含まれている。木部転送細胞と維管束鞘細胞間、維管束鞘細胞と基本柔細胞間および基本柔細胞相互間にはそれぞれ多数の原形質連絡が存在する。これらの観察結果に基づき、木部転送細胞によって吸収された溶質が維管束鞘細胞を経て基本柔細胞に移動する経路について論議した。

3. 肥大維管束をとり囲む分散維管束では師部柔細胞よりも師管の数が多く、師管は多くの師板によって仕切られている。分散維管束の師部柔細胞にはミトコンドリア、プラスチッド、粗面小胞体およびリボソームなどが豊富に含まれている。この師部柔細胞は分散維管束を光合成産物が上昇する上で重要な役割を果たしているものと推定される。

引用文献

1. BUSBY, C. H. and T. P. O'BRIEN 1979. Aspects of vascular anatomy and differentiation of vascular tissues and transfer cells in vegetative nodes of wheat. *Aust. J. Bot.* **27**: 703—711.
2. 長南信雄・川原治之助・松田智明 1974. イネ科作物の葉の維管束に関する組織形態学的研究. 第1報 水稻の葉身、葉鞘および伸長節間における維管束の走向と組織. *日作紀* **43**: 425—432.
3. ———— 1984. 水稻葉鞘における維管束と基本柔組織の微細構造ならびにその光合成産物移動との関係. *日作紀* **53**: 435—444.
4. ————・兼子 真・川原治之助・松田智明 1981. 水稻葉身における大維管束の微細構造と転流機能. *日作紀* **50**: 323—331.
5. GUNNING, B. E. S., J. S. PATE and L. W. GREEN 1970. Transfer cells in the vascular system of stems: taxonomy, association with nodes, and structure. *Protoplasma* **71**: 147—171.
6. 兼子 真・長南信雄・松田智明・川原治之助 1980. 水稻葉身における小維管束の微細構造と光合成産物の移動経路. *日作紀* **49**: 42—50.
7. 川原治之助・長南 信雄・松田智明 1974. 稲の形態形成に関する研究. 第7報 伸長茎の節における維管束の走向と組織. *日作紀* **43**: 389—401.
8. ———— 1975. 稲の形態形成に関する研究. 第8報 短縮茎部における維管束の走向と組織. *日作紀* **44**: 61—67.
9. 北岸確三 1983. 作物体内における重金属元素の挙動に関する研究. *三重大農学部学術報告* **67**: 1—15.
10. 小畑 仁・北岸確三 1980. 水稻の葉における亜鉛とマンガンの集積パターン. *土肥誌* **51**: 285—291.
11. ———— 1980. 水稻節における亜鉛の輸送経路のオートラジオグラフィによる検討. *土肥誌* **51**: 297—301.
12. ———— 1982. 水稻の葉における亜鉛の集積と加齢に伴う再転流. *土肥誌* **53**: 235—240.
13. O'BRIEN, T. P., S. Y. ZEE and J. G. SWIFT 1970. The occurrence of transfer cells in the vascular tissues of the coleoptilar node of wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* **23**: 709—712.
14. O'BRIEN, T. P. and S. Y. ZEE 1971. Vascular transfer cells in the vegetative nodes of wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* **24**: 207—217.
15. PATE, J. S., B. E. S. GUNNING and F. F. MILLIKEN 1970. Function of transfer cells in the nodal regions of stems, particularly in relation to the nutrition of young seedlings. *Protoplasma* **71**: 313—334.
16. ZEE, S. Y. 1972. Transfer cells and vascular tissue distribution in the vegetative nodes of rice. *Aust. J. Bot.* **20**: 41—48.
17. ———— 1974. Distribution of vascular transfer cells in the culm nodes of bamboo. *Can. J. Bot.* **52**: 345—347.

Ultrastructure of Elliptical and Diffuse Bundles in the Vegetative Nodes of Rice

Nobuo CHONAN, Harunosuke KAWAHARA and Toshiaki MATSUDA

*(Faculty of Agriculture, Ibaraki University,
Ami, Ibaraki 300-03)*

Summary

The second and fourth nodes from the top of rice culm were harvested at the times of flag leaf emergence and heading respectively. Ultrastructural observation has been made on the elliptical and diffuse bundles in particular reference to solute movement in the node.

1. In the phloem of elliptical bundles, which are continuous with the large bundles of leaf, both the sieve elements and phloem parenchyma cells increased in number and showed a ratio of about one to two. A sieve element was connected by plasmodesmata with the plural number of phloem parenchyma cells (Fig. 1). In the border region between phloem and xylem, the parenchyma cells with dense cytoplasm were interconnected by plasmodesmata (Fig. 2). It is assumed that the solutes actively move in the symplast between phloem and xylem.

2. The elliptical bundles contain numerous xylem transfer cells, in which the wall ingrowths were formed on the walls contacting with tracheary elements. The mitochondria with developed cristae and the plastids with peripheral reticulums were contained in the xylem transfer cells (Figs. 3 and 4). A large amount of plasmodesmata was found in the walls between xylem transfer cells and bundle sheath cells, between bundle sheath cells and fundamental parenchyma cells and also between fundamental parenchyma cells (Figs. 4, 5, 6 and 7). It can be considered that the solutes absorbed from transpiration stream by xylem transfer cells are transferred actively to fundamental parenchyma via bundle sheath cells.

3. In the phloem of diffuse bundles which are surrounding the elliptical bundles and are continuous with the large bundles of internode, the number of sieve elements was about 3.5 times as many as phloem parenchyma cells and the sieve elements were partitioned by numerous sieve plates (Fig. 8). The phloem parenchyma cells of diffuse bundle contained abundant mitochondria, plastids, rough endoplasmic reticulum and ribosomes (Figs. 9 and 10). It is suggested that the phloem parenchyma cells play an important role in climbing of photosynthate in the phloem of diffuse bundle through energy supply.