

基肥窒素無施用の施肥体系と疎植の組合せ栽培において 米糠の施用が水稻品種ひとめぼれの乾物重と葉身 および茎の炭水化物代謝に及ぼす影響

平野貢・杉山美保子・畠山陽子・黒田栄喜・村田孝雄*

(岩手大学)

要旨: 基肥窒素無施用・8葉期以降追肥と疎植の組合せ栽培に易分解性有機物として米糠を施用し、水稻品種ひとめぼれの乾物重と葉身および茎における炭水化物代謝に及ぼす影響について、標準栽培の対照区と比較検討した。収量は、基肥窒素無施用一疎植区 (BNo)、米糠 120 g m⁻² 施用区 (RB1) および米糠 240 g m⁻² 施用区 (RB2) とともに 650 g m⁻² 以上の多収で、対照区と変わり無かった。米糠施用区では面積当たり穎花数が増加したが、登熟歩合は低下した。RB1 における乾物重変化および葉身窒素含有量は BNo と大差なく、米糠の影響は小さかった。RB2 では幼穂形成期頃から葉身重および窒素含有量が大きくなり、登熟期には窒素含有率および含有量とも対照区を上回った。全試験区において、第 II 節間以上の茎上部とそれより下の茎下部では、登熟期における乾物重の減少が茎下部で早かった。穂ばらみ期において、対照区以外の疎植区では葉身および茎のショ糖含有率が大きかった。登熟期には葉身および茎のショ糖含有率は登熟の進行とともに次第に大きくなり、登熟中期に最大となった。可溶性全糖含有率の最大期はショ糖のそれより早かった。茎上部と茎下部のショ糖含有率は、茎上部では区間差が小さく含有率の上昇も急であったが、茎下部では区間差が大きく、含有率が最大となる時期が茎上部より早かった。茎のデンプンは含有率および含有量とも対照区において他の区より明らかに小さかった。非構造性炭水化物の動きはデンプンのそれと類似していた。茎下部の非構造性炭水化物含有量は茎上部のそれより大きく、また動きも早かった。

キーワード: 基肥窒素無施用, 米糠, ショ糖含有率, 疎植栽培, 登熟期, 非構造性炭水化物, ひとめぼれ, 穂ばらみ期。

水稻の基肥窒素無施用・8葉期以降追肥の施肥体系と疎植を組み合わせた栽培では、慣行栽培に比べて低位分げつが少なく繁茂度が小さいため、穂ばらみ期以降登熟期において受光態勢が良好に保たれ、純同化率および個体群生長速度が大きく、登熟歩合が大きいう利点が認められた (平野ら 1997)。しかし、面積当たり穂数および穎花数が少なく、収量が多少低くなる傾向があった (平野ら 1997, Truong ら 1998)。この栽培法では、穎花数の増大は、2次分げつ数の増加およびその有効化と1穂当たり穎花数の増加によって、ある程度までは可能であったが、このことを一層確実にするには、8葉期の追肥以降は窒素の肥効を継続的に保つことが必要であり、有機質肥料の施用が効果的と考えられた (平野ら 1997, Truong ら 1998)。そして、使用する有機質肥料は、本栽培法の特徴を十分に生かせるような素材、すなわち8葉期以降に肥効が現れるような素材であることが望ましいと考えられる。

本研究においては、易分解性の有機物として米糠に着目して施用した。その結果、多量の米糠 (240 g m⁻²) を、品種ひとめぼれに施用した場合には、穎花数が対照区よりも有意に大きく 40000 m⁻² を越え、基肥窒素無施用一疎植栽培における最大の欠点を克服できる見通しを得たが、登熟歩合は対照区に比べて明らかに小さくなった。一般に、穎花数が一定以上に大きくなると登熟歩合が低下することが知られており、当研究室の過去の事例 (黒田ら 1995, 1996, 1997) においても、穎花数が 40000 m⁻² を越すと登熟歩合は著しく低下した。登熟歩合は、ソース・シンク関

係によって決定される要素であり、穂ばらみ期および登熟期における葉身及び茎における炭水化物代謝と密接な関係がある (村田ら 1997)。そこで、本研究では基肥窒素無施用一疎植栽培において穎花数が 40000 m⁻² を越した場合、葉身および茎の炭水化物代謝にどのような特徴があるのかを明らかにし、登熟歩合並びに収量向上の基礎資料を得ようとした。

材料と方法

試験は、1996年に、水稻品種ひとめぼれを供試して、岩手大学農学部附属農場 (岩手郡滝沢村) の実験用水田において実施した。試験区の構成は、第1表に示すように、窒素施肥体系に栽植密度と米糠施用を組み合わせたものであった。対照区 (CON) は、附属農場で実施している標準栽培体系である。窒素基肥無施用・8葉期以降追肥と疎植の組合せ栽培 (BNo) は、ほぼ前報 (平野ら 1997) に準じたが、1穂当たり穎花数の増加をねらって穂首分化期 (7月15日) にも窒素追肥を行った。米糠は農産物業者から購入したものを扱い、BNoの体系に 120 g m⁻² (RB1) および 240 g m⁻² (RB2) を基肥として加えた。各試験区は 5a とし、反復は行わなかった。移植は、5月16, 17日にペーパーポット育苗の4.2葉苗を1株3本植で行った。中干しはCONのみ7月7日から8日間行った。収量構成要素等の調査は各試験区の離れた3区画からそれぞれ5株を採取して行い、収量調査は同じく3区画から各50株を刈り取って行った。なお、出穂日は試験区全体の出穂率が

第1表 試験区の構成 (栽植密度および施肥体系)。

試験区	栽植密度 株 m^{-2}	基肥N量 gm^{-2}	追肥N量 (月/日) gm^{-2}					施肥量合計 gm^{-2}			
			5/30	6/21	6/26	7/15	8/2	N	P_2O_5	K_2O	米糠
CON	22.2	5.2	2.6	—	2.0	—	2.1	11.9	23.7	17.7	—
BNo	16.7	—	—	4.0	—	3.0	2.1	9.1	22.5	17.0	—
RB1	16.7	—	—	4.0	—	3.0	2.1	9.1	22.5	17.0	120
RB2	16.7	—	—	4.0	—	3.0	2.1	9.1	22.5	17.0	240

P_2O_5 , K_2O および米糠は基肥として施用。

米糠の3要素成分は, N; 2.08%, P_2O_5 ; 3.78%, K_2O ; 1.40%である (千葉 1961)。

80%程度となった日とし, 8月17日であった。

成分分析用試料の採取は, 個体群の炭水化物代謝を明らかにすることを目的とし, 次のように行った。試料採取日の午後2時に, 1試験区の2箇所から, 出穂までは1箇所5—6株, 登熟期には3—4株を採取し, 根を切断除去した。地上部全生重を測定したのち, その一部 (生重150—200g) をとり, まず黄化した葉身および葉鞘を枯死部分として分別したのち, 葉身, 茎 (葉鞘を含む) および穂に切断分離した。茎上部と茎下部は第II節間と第III節間の境界節の直下を切断して分けた。各試料は100°Cで15—17時間通風乾燥して乾物重を測定したのち微粉末にした。

炭水化物の分析は, 既報 (村田ら 1997) にしたがった。すなわち, 乾燥微粉末試料の70%アルコール抽出液について, ショ糖 (Suc) をアンスロン-硫酸法 (Huber and Huber 1990) により, 可溶性全糖 (TSC) をフェノール-硫酸法 (Duboisら 1956) によって定量した。アルコール抽出残渣を30%過塩素酸で抽出してデンプン (Sta) をフェノール-硫酸法で定量した。TSCとStaの合計量を非構造性炭水化物 (NSC) 量とした。全窒素の定量はケルテックシステム (日本ゼネラル社) を使用して行った。なお, すべての分析は2反復で行い, 結果はその平均値で示した。

結 果

1. 収量および地上部各器官の乾物重の推移

本研究における試験区の収量は, 第2表に示すように, 平均値で見ると限りRB2において大きかったが, 変異の幅も大きく, 各試験区間で有意差はなかった。面積当たり穎花数は, RB1およびRB2がCONやBNoより大きく認められ, とくに, RB2は40000 m^{-2} を上回って, 他の試験区より大きかった。登熟歩合は, CONと比べて, BNo

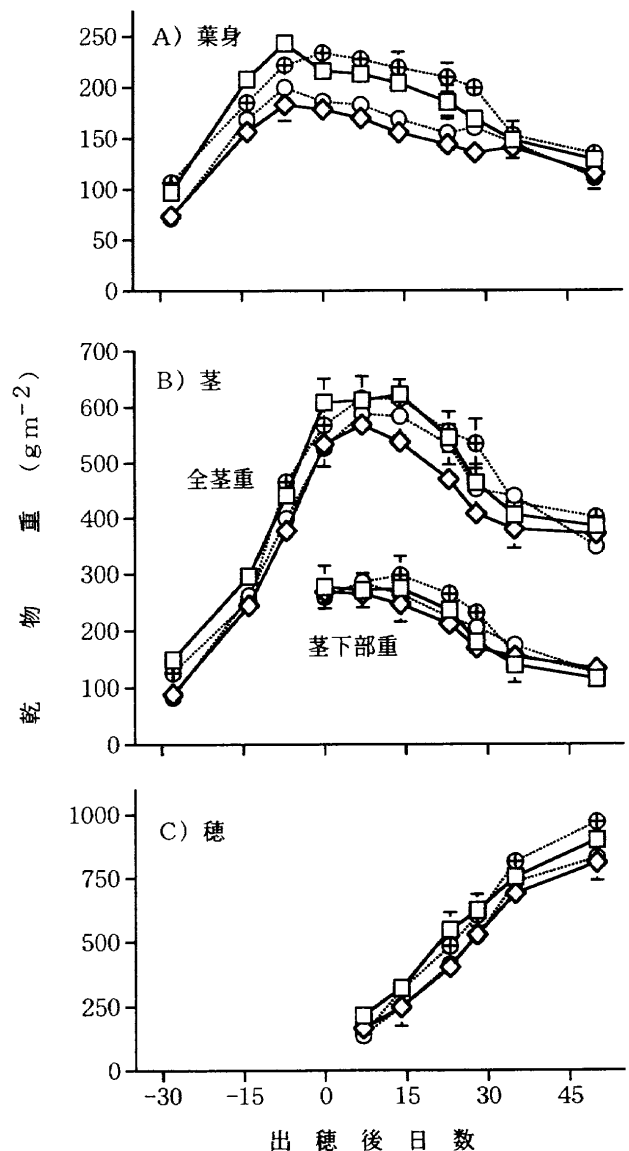
第2表 各試験区の面積当たり穎花数, 登熟歩合, 収量および有効茎歩合。

試験区	穎花数 1000 m^{-2}	登熟歩合 %	収量 gm^{-2}	有効茎歩合 %
CON	34.8±0.8	84.4±0.2	660±17	63.4
BNo	34.9±0.8	84.5±2.2	686±9	86.7
RB1	37.9±1.9	78.9±1.9	661±13	87.6
RB2	41.8±0.9	74.7±1.1	715±54	86.1

各数値は平均値±標準偏差を示す。

は差が無く, RB1は5ポイント, RB2は10ポイントも小さかった。有効茎歩合はCONのみ他の区より小さかった。

成分分析に供した地上部各器官の乾物重の推移を第1図に示す。葉身重は, 各試験区とも, 出穂直前から出穂期にかけて最大に達し登熟期には漸減した。出穂まではCON



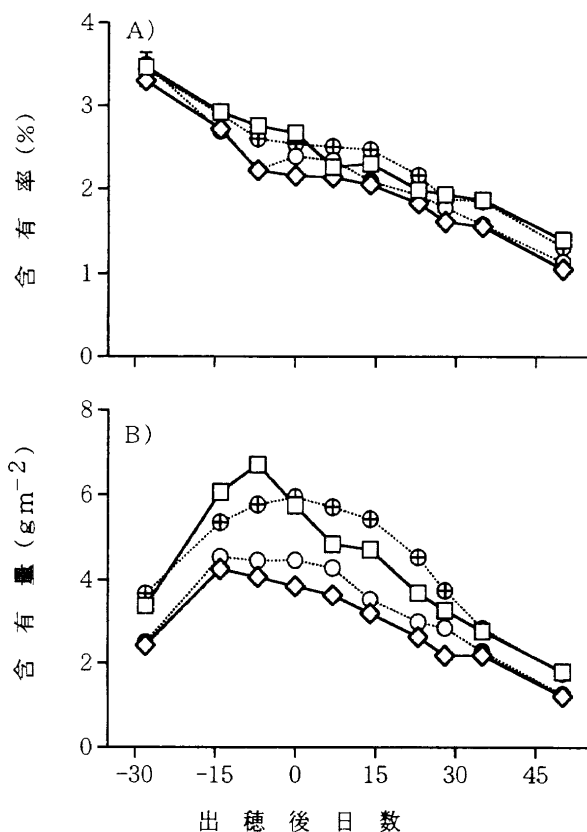
第1図 地上部各器官の栽培面積当たり乾物重。

A) 葉身重, B) 全茎 (稈+葉鞘) 重と第3節間以下の茎下部重, C) 穂重。縦棒は標準誤差を示し, 記号内に隠れたものがある (以下の図においても同じ)。

が大きく、登熟期にはRB2が大きくなった。BNoとRB1は、ほぼ同程度で、CONおよびRB2より小さく経過した。葉鞘を含む全茎重は、出穂直後に最大となり以後減少し、収穫時には最大時の60%程度に減少したが、CONおよびRB2が大きくBNoは小さく推移した。茎下部の乾物重は登熟期においてRB2がやや大きく経過する傾向が見られた。なお、茎下部重の全茎重に対する比率は、各試験区を込みにして登熟初期は40—45%、登熟中期は35—40%、登熟後期は30—35%と次第に小さくなった。穂重の推移をみると、BNoとRB1は終始小さく、CONは登熟中期まで大きかったが、その後はRB2が大きくなり、収穫時にはRB2はCONより約10%大きかった。

2. 葉身の窒素含有率および含有量

第2図に、生葉葉身の窒素含有率と面積当たり含有量を示す。各試験区の窒素含有率の差は出穂前後の3—4週間において最も顕著に認められ、CONおよびRB2が大きく、BNoが小さかった。両者の差は最大で約0.5%あった。各試験区の差は葉身窒素含有量において一層明瞭に認められた。CONとRB2は出穂を境に逆転し、出穂前にはCONが、出穂後にはRB2が大きかった。BNoとRB1の窒素含有量は小さく経過したが、登熟期にはRB1の方が大きくなった。



第2図 葉身窒素含有率と栽培面積当たり葉身窒素含有量。

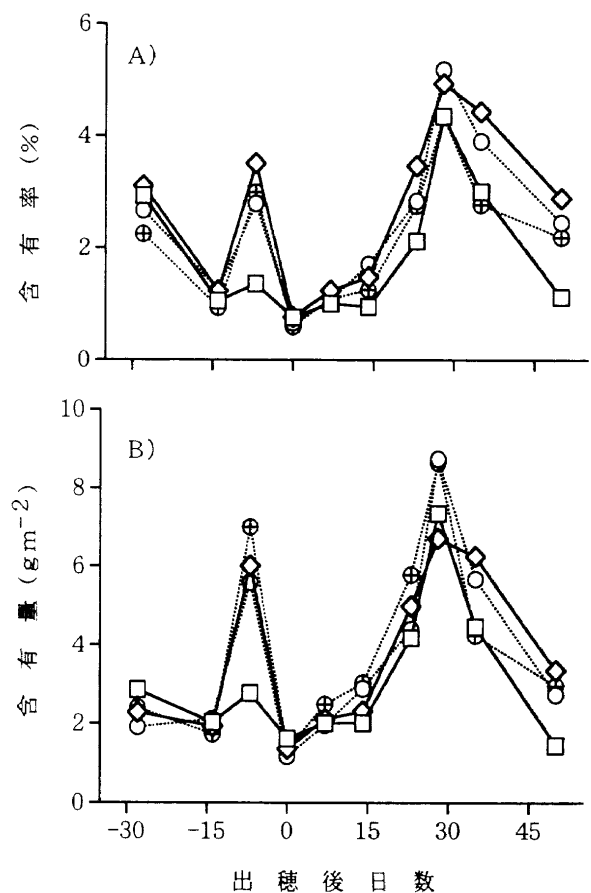
A) 含有率, B) 含有量。記号は第1図と同じ。

3. 葉身のSuc含有率および含有量

葉身のSuc含有率および含有量は、第3図に見られるように、二つの顕著なピークを示した。最初のピークは出穂1週前の穂ばらみ期に相当する時期であり、BNo, RB1およびRB2の疎植区では含有率および含有量とも大きく、顕著なピークとして認められた。これに対して、CONのピークは極めて小さく対照的であった。二つ目のピークは出穂後4週ころの登熟中期に相当する時期であった。含有率はBNoおよびRB1が大きく、この両区は登熟後期においても大きい傾向があった。また、含有量はRB1およびRB2が大きかったが、RB2は登熟後期には急速に低下した。なお、葉身におけるTSC含有率の推移は、含有率が2—3%大きいことを除いて、葉身Sucの推移と同様であった。また、葉身Staの含有率は1—2%で推移し、記すべき変化は見られなかった(ともにデータ省略)。

4. 茎のSuc含有率および含有量

茎のSuc含有率(第4図A)は、基本的には葉身の場合と変わらなかった。すなわち、穂ばらみ期においてCONは含有率が小さく、ほとんどピークがみられなかったのに対して、疎植の各試験区では含有率が大きく明確なピークが認められた。また登熟期にはSuc含有率の最大のピークが観察されたが、その時期は葉身Sucの場合より早く出穂3週後であった。CONの含有率は他の試験区



第3図 葉身Suc含有率と栽培面積当たり葉身Suc含有量。

A) 含有率, B) 含有量。記号は第1図と同じ。

に比べてピークの前後の時期を含めて小さかった。RB2の含有率もピーク以後の減少が大きい傾向があった。一方、TSC含有率(第4図B)は、穂ばらみ期には疎植の各試験区において大きくCONにおいて小さかった。ピーク以後各試験区とも含有率は低下したが、とくにRB2およびCONの低下が著しかった。収穫時にはまた上昇したが、とくに疎植の各試験区の上昇が著しかった。

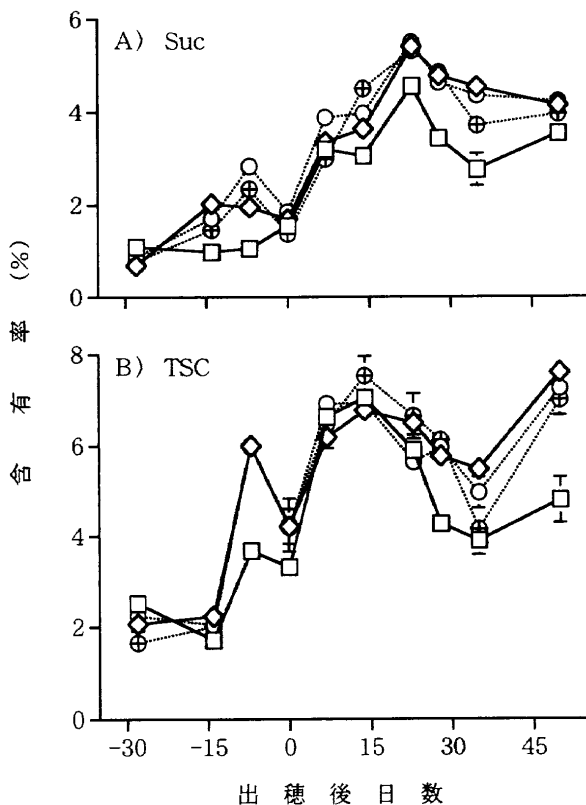
第5図に、登熟期における茎上部および茎下部におけるSuc含有率の推移を示す。茎上部においては、試験区間の差は比較的小さく、出穂3-4週後まで、最初の1週間は急激にその後は緩やかに上昇したのち低下した。これに対して茎下部のSuc含有率は、登熟全期を通じてCONでやや小さい傾向があったが、出穂3週後まで直線的に増加したのち僅かに低下し、登熟後期に再び増加した。登熟中・後期以後の推移は試験区間でかなりの差が見られ、CONにおける含有率が小さく、次いでRB2が小さかった。

5. 茎のStaとNSC含有率および含有量

茎のSta含有率(第6図A)は、BNoを除く各試験区では、出穂4週前ころに最大のピークがあり、出穂1週前から出穂期にかけていったん低下した。その後また上昇して出穂1-2週後をピークとして登熟中・後期には急速に低下した。とくに、RB2の低下程度が著しかった。また登熟期にはCONにおける含有率が明らかに小さかった。

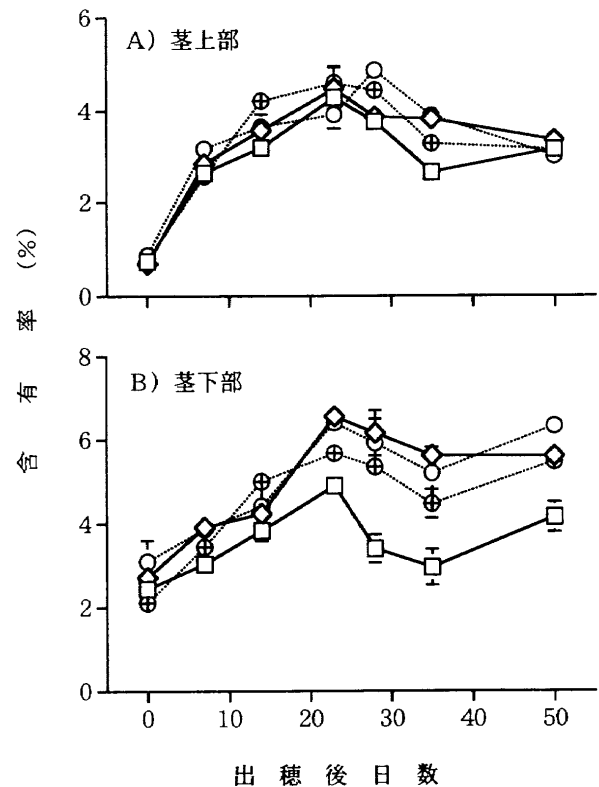
Sta含有量(第6図B)は各試験区により特徴が見られた。CONのSta含有量は、栄養生長期から穂ばらみ期にかけて他の試験区に比べて明らかに大きかったが、出穂直前から登熟全期にわたりかなりの程度小さくなった。BNoは、CONとは対照的な推移が見られ、穂ばらみ期までは含有量が小さく登熟期には終始大きかった。RB1およびRB2はCONとBNoの中間的な経過で推移したが、RB1はBNoに近い経過であった。RB2は栄養生長期から穂ばらみ期にかけてはCONに近く、登熟初期に急上昇したが、登熟中期には急速に低下して登熟後期にはCONに近い含有量で推移した。なお、含有量のピークは出穂1週後であった。

茎のNSC(TSC+Sta)含有量(第6図C)の推移は、基本的にはSta含有量の推移とほぼ同様であった。この場合にも、CONは他の試験区に比べて、出穂2週前までは含有量が大きかったが、穂ばらみ期以後は小さく経過した。登熟期のNSC含有量を茎上部と茎下部のそれぞれについて示したのが第7図である。茎上部と茎下部のNSC含有量を比べると、登熟初期から中期にかけては茎下部の方が茎上部より1.5-2倍大きく、登熟後期は両者ほぼ同程度であった。また、含有量のピークは、茎上部では出穂3週後に、茎下部では2週後にあった。茎上部の含有量は、収穫時を除いて、試験区の間でほとんど差がなかったのに対して、茎下部ではCONの値が常に小さく、疎植区のBNo、RB1およびRB2が大きい傾向があった。すな



第4図 全茎のSucおよびTSC含有率。

A) Suc含有率, B) TSC含有率。記号は第1図と同じ。



第5図 登熟期における茎上部および茎下部のSuc含有率。

A) 茎上部(穂首節間および第II節間と付属する葉鞘),
B) 茎下部(第III節間以下の節間と付属する葉鞘)。記号は第1図と同じ。

わち、第6図Cにおいて登熟期のCONでNSC含有量が小さかった原因は、茎下部の含有量が小さいことにあったといえる。

考 察

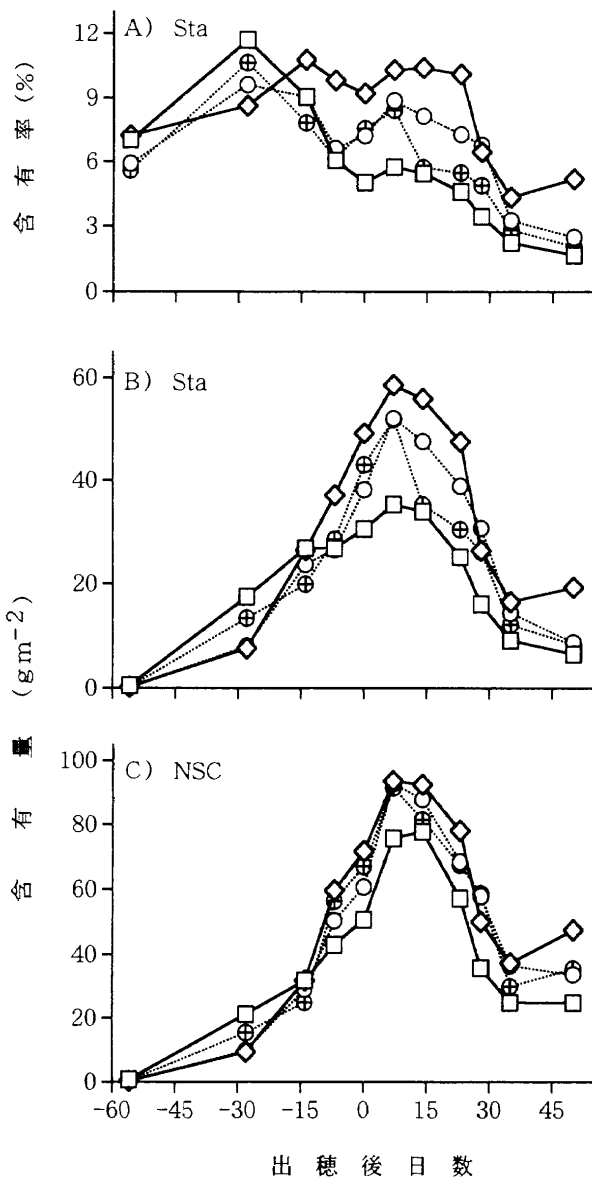
1. 収量および収量構成要素

1993年の冷害において著しい耐冷性を示した基肥窒素無施用-疎植の組合せ栽培は、慣行栽培に比べて、収量がやや低いことが大きな欠点であり、その主な原因は面積当たり穎花数が十分に確保できないことにある(平野ら1997)。穎花数の増大には、穂数および1穂穎花数の増加が必要であり、このことは穂首分化期の直前に窒素追肥を行うことで、一部達成することが可能であった(Truongら1998)。本実験においても、7月15日に窒素追肥を行ったBNoでは面積当たり穎花数がCONと同等となり、

収量も 650 gm^{-2} を越える多収となって CON と変わらなかった。米糠施用のRB1およびRB2においては、面積当たり穎花数はそれぞれ 38000 および 42000 m^{-2} に達した。しかし、登熟歩合が小さくなって、収量は CON と大差なくなった。

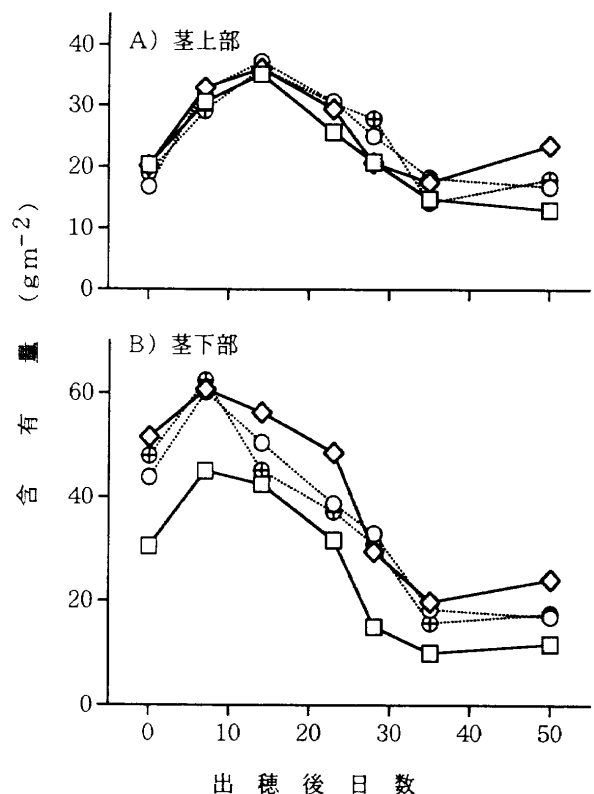
以上の実験結果は、基肥窒素無施用-疎植の組合せ栽培においては、穂首分化期もしくはその直前に、量的にはなお検討の余地はあるものの、適量の窒素追肥と米糠のような易分解性の有機物質を施用することにより、必要とする穎花数を確保できる見通しを示したものと考えられる。しかし、松島(1965)は、この時期の窒素多施用により、株当たり穎花数は増加するが、穎花数の過剰と受光態勢の悪化のために貯蔵炭水化物が不足し、登熟歩合が極端に低下して著しく減収するとの理由から、この時期には窒素供給を制限する栽培技術(いわゆるV字理論)を確立した。本実験においてもRB2では穎花数が過剰気味で登熟歩合が低下した。

しかし、基肥窒素無施用-疎植の組合せ栽培においては、CONに比べてBNo, RB1およびRB2のいずれにおいても有効茎歩合が大きかった。この結果は、前報(平野ら1997, Truongら1998)の結果と同様であり、低位分げつが少ないため繁茂度が小さく受光態勢の悪化は発生し難いことを示している。また、穎花数は追肥窒素量により十分に調節可能な範囲と考えられるし、収量を本実験のレベル以上に安定的に高めるためには、穎花数 40000 m^{-2} は必要な数字である。したがって、本栽培法においては、橋



第6図 全茎のSta含有率と栽培面積当たりStaおよびNSC含有量。

A) Sta含有率, B) Sta含有量, C) NSC含有量, 記号は第1図と同じ。



第7図 登熟期における茎上部および茎下部のNSC含有量。
A) 茎上部, B) 茎下部, 記号は第1図と同じ。

川 (1996) も述べているように、穂首分化期もしくはその直前の窒素追肥が不可欠であるが、登熟歩合の低下をいかに防止するかが問題であり、葉身および茎の炭水化物代謝と密接な関係が推定される。他の問題は、基肥窒素無施用—疎植の組合せ栽培は冷害に強いと言う特徴が認められていた (平野ら 1997) にもかかわらず、この時期の窒素追肥によって冷害に対する抵抗力が減退するのではないかとということである。しかし、1993 年の冷害において、同様の栽培法を行っていた農家は、この時期に窒素追肥を行っていたにもかかわらず冷害程度が小さかった (村田 1994, 西山 1997)。この事実はきわめて示唆的であるが、1993 年以降冷害の発生は無いので、この点に関しては今後の検討課題である。

2. 乾物重と窒素含有率および含有量の推移

地上部乾物重および植物体内窒素含量の生育にともなう推移について、RB1 と RB2 では予想以上に大きな差が見られた。すなわち、RB1 は生育全期を通じてほぼ BNo と同様に経過したのに対して、RB2 は出穂前後までは CON に近く、その後は CON を上回る傾向が見られた。本実験では、生糠を使用したのも、それが腐熟して肥効が現れるまで、一時的に窒素吸収に関係した何らかの症状が現れるのではないかと予想されたが、このことに関して、RB1 および RB2 における水稻生育の反応は明瞭でなかった。RB1 と RB2 で上述のような違いが見られた理由については、米糠の分解過程と密接な関係があることは推定できるが、その細部については今後の研究課題である。

茎は、1 日単位で見ると、下位節間ほど炭水化物の動きが鈍く、また Sta 含有率が大きいことから、より貯蔵性に富むと考えられる (村田ら 1997)。そのため、本実験では、茎を便宜的に第 II 節間より上の部分と下の部分に分けて調査を行った。茎下部の乾物重は、出穂直後に茎上部とほぼ同程度かやや小さい程度であったが、登熟が進むにしたがって茎上部に対する比が小さくなった。このことは、登熟期における物質移動が、見かけ上、茎上部におけるよりも茎下部において先行したことを示している。

3. 穂ばらみ期の葉身および茎における Suc の蓄積

穂ばらみ期において、CON 以外の疎植の各区では、葉身および茎のいずれにおいても Suc の含有率および含有量が著しく増大した。この現象について説明できる基礎資料は持ち合わせていないが、この時期の気象と密接に関係していたのではないかと考えられる。すなわち、サンプリングを行った 1996 年 8 月第 2 半月の日射量はほぼ平年並みであったが、気温は平年より 2–3°C 低く、とくに最低気温は 15–19°C と低かった。そして、出穂の始まった第 3 半月には、気温は逆に 2–3°C 高くなった (注: 岩手県気象月報, 平成 8 年 8 月, 盛岡地方気象台編集)。この気象条件は、温度依存性が相対的に小さい光合成速度 (増田

1994) に対しては影響が小さかったが、温度依存性が大きい転流速度 (星野ら 1972) は穂ばらみ期にはかなり低下し、出穂期には増加したことを示唆している。温度が光合成と転流速度に及ぼす影響については、松島・和田 (1959) および松島 (1965) が同様の傾向を報告している。

穂ばらみ期には、BNo などの疎植区では、CON に比べて、受光態勢がよく個体群内部の光環境が良好で純同化率も大きかった (平野ら 1997) と推定される。また、疎植の各区では体内窒素含有率および含有量とも小さく、茎葉の繁茂量が小さかったため、光合成産物の茎葉への転流が、気温の低かったことと相まって、抑制されたと考えられる。RB2 は、疎植区の中では比較的早期から繁茂度が大きく、穂ばらみ期以後窒素含有率も大きくなったが、CON ほどの繁茂はなかった。したがって、RB2 の光環境は BNo や RB1 と大差無かったものと推定される。

以上のことから、疎植の各区では、CON に比べて、光環境が良好で光合成が盛んであったが、シンクが小さかったことと低温のために転流が抑制された結果、Suc が茎葉に蓄積したと考えられる。さらに、茎では Suc のみでは 3% 以下であったのに対して、TSC 含有率で見ると CON では 3%、疎植の各区では 6% に達していた。著者は、基肥窒素無施用—疎植栽培がヤマセのような低温—低日射の冷害に強い理由として、穂ばらみ期における炭水化物、とくに Suc を含む TSC が茎葉に蓄積し、呼吸や浸透圧の上昇に一定の役割を果たしていると考えており (村田 1994)、上記の結果はこの考えを支持するものと理解している。

4. 登熟期における炭水化物の動き

登熟期においては、各器官相互の間で、また炭水化物の各成分の間で、各成分の含有率と含有量が最大となる時期が見かけ上、微妙にズレていることが観察された。このズレは光合成生産量と穂への炭水化物転流量との関係を示すものと理解される。水稻葉身では Sta が少なく、Suc の動きが活発であり (村田ら 1997)、本実験においても葉身 Suc は出穂後 2–3 週間は含有率および含有量とも小さく、光合成生産量を転流量が上回っている形であった。その後蓄積が始まり出穂 4 週後がピークとなったのち、葉身の活性低下とともに急激に低下した。これに対して、茎の Suc は出穂直後から含有率が上昇し、3 週後にピークとなった。その後の低下は BNo および RB1 では緩やかであったが、CON と RB2 はやや急で収穫時にはまた増加した。このような Suc の動きを茎上部と茎下部に分けてみると、登熟期前半は茎上部における Suc の動きに、後半は茎下部における Suc の動きに似ていた。とくに、登熟後期には、受光態勢が良く NAR が大きい (平野ら 1997) わりにはシンクサイズが小さい BNo や RB1 では Suc が転流しないため、茎下部における Suc 含有率は大きく経過したと考えられる。茎の TSC 含有率は Suc のそれと似

ていたが、ピークの時期は一層早く出穂2週後であった。SucとTSCで見られるこのような違いは、転流型のSucと非転流型のグルコースやフルクトースを含むTSCとの機能の違いにあると考えられる。グルコースやフルクトースは、この時期には、転流すべき成分としてSucへ変化し減少したと考えられる。

茎には、葉身と異なってStaが多量に蓄積したが、その含有率のピークは出穂直後であった。このことは、穂における養分蓄積が発現してくると、光合成産物は直接穂へ転流し、もはや茎には蓄積しなくなることを示している。なお、茎のSta含有量はNSC含有量の60%以上を占めることから、NSC含有量の推移はStaのそれとほとんど差が無く出穂直後にピークがあり、その後は急激に減少して穂へ転流した。登熟期の茎におけるNSCは、上述のような蓄積・減少のパターンから推定して、その大部分がいわゆる出穂前蓄積分(村田 1976)に相当するもので出穂後の蓄積分はほとんど無かったと考えられる。茎上部と茎下部についてその含有量を見ると、茎下部では含有量が大きく、その動きも早く大きかった上に、試験区間の差が明確に見られた。この結果と、上述の茎上部および茎下部のSuc含有率の結果をあわせ考えると、登熟期における炭水化物の動きは、見かけ上、茎下部で早く茎上部で遅いという順序が見られた。このことを反映して、茎上部よりも茎下部での乾物重低下が一層顕著になったと考えられる。

登熟歩合や収量の観点からも茎下部のNSC含有量は重要な要因と考えられるが、CONとBNoでは含有量の差が最も大きいにも関わらず、含有量がほぼ並行的に推移しており、転流量(最大含有量と最小含有量の差)には差が見られなかった。RB1およびRB2については登熟中期に減少程度がやや急であったが、結果的には同様のことが認められた。また、穂に隣接して物質転流の通路となっている茎上部において転流型のSucの含有率は試験区間で差がなく、茎下部のNSC含有量の差を反映していなかった。

これらの結果は、登熟後期における物質転流に問題のあることを示している。登熟歩合が高かったBNoおよびRB1はさておき、登熟歩合が70%台と小さかったRB2において登熟後期の茎下部のNSC含有量がCONよりも高いレベルにあったことは、シンク機能の劣化もしくは秋冷にともなう転流機能の低下を示すものと考えられる。RB2は、一方において、穎花数が 40000 m^{-2} を越えており、上述の葉身および茎の炭水化物代謝から考えて、登熟歩合を上げ収量増をはかるためには、本実験程度の物質生産能力では不十分と判断された。したがって、北東北のような寒冷地帯における水稻栽培では、RB2のように穎花数が 40000 m^{-2} を越えるような場合には、物質の転流および物質生産の観点から登熟期における光合成能力の増大と登熟期間の延長、すなわち、出穂期の早期化が不可欠であり、そのような栽培技術の開発と品種の育成が重要と考えられ

る。とくに、基肥窒素無施用一疎植の組合せ栽培では、前述のように、過繁茂の傾向が小さい特徴があり、登熟期における窒素の効率的な利用によって光合成能力の増大が期待できるのではないかと考えている。

謝辞: 本実験の実施に当たり、岩手大学農学部附属農場技術官坂本甚五郎および西政佳両氏には水稻栽培等につき多大のご協力をいただいた。記して心からの感謝を申し上げます。

引用文献

- 千葉春雄 1961. 最新農業講座 4. 肥料 第4版. 朝倉書店, 東京. 167—168.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Reber and F. Smith 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350—356.
- 橋川潮 1996. 低投入稲作は可能. 富民協会, 東京. 137—178.
- 平野貢・山崎和也・Truong Tac Hop・黒田栄喜・村田孝雄 1997. 窒素施肥体系および疎植の組合せ栽培が水稻の生育および収量に及ぼす影響. *日作紀* 66: 551—558.
- 星野正生・大泉久一・大久保忠且 1972. ラジノクロバにおける $^{14}\text{CO}_2$ の同化と同化産物の転流に関する実験. 第7報 ^{14}C 同化産物の転流速度におよぼす温度、とくに低温の影響. *日作紀* 41: 509—513.
- Huber, S.C. and J.L. Huber 1990. Activation of sucrose-phosphate synthase from darkened spinach leaves by an endogenous protein phosphatase. *Arch. Biochem. Biophys.* 282: 421—426.
- 黒田栄喜・王英典・平野貢・村田孝雄 1995. 水稻品種「あきたこまち」と「ゆめさんさ」の生育特性の比較. *日作東北支部報* 38: 5—6.
- 黒田栄喜・王英典・平野貢・村田孝雄 1996. 水稻品種「あきたこまち」と「ゆめさんさ」の乾物生産特性の比較. *日作東北支部報* 39: 53—54.
- 黒田栄喜・阿部進・石橋富久子・平野貢・村田孝雄 1997. 東北地方を対象に育成された新しい水稻品種・系統の生育特性. *日作紀* 66(別1): 72—73.
- 増田芳雄 1994. 植物生理学 改訂版. 培風館, 東京. 181—184.
- 松島省三・和田源七 1959. 水稻収量成立原理とその応用に関する作物学的研究. LII. 水稻の登熟機構の研究(10) 粃への炭水化物の転流適温、登熟適温並びに粃の炭水化物受け入れ能力の低下について. *日作紀* 28: 44—45.
- 松島省三 1965. 稲作の理論と技術. 養賢堂, 東京. 1—270.
- 村田孝雄 1994. 冷害を乗り越えるイネ作り. 石川武男編, 検証平成コマ凶作. 家の光協会, 東京. 45—58.
- 村田孝雄・保坂優子・平野貢・黒田栄喜 1997. 水稻あきたこまちの登熟期における葉身および茎の炭水化物代謝. *日作紀* 66: 221—228.
- 村田吉男 1976. 作物生産と栽培環境. 村田吉男他共著, 作物の光合成と生態. 農文協, 東京. 147—196.
- 西山岩男 1997. イネの穂ばらみ期耐冷性に関与している生理的形質. *農及園* 72: 335—343.
- Truong, T.H., M. Hirano, S. Iwamoto, E. Kuroda and T. Murata 1998. Effect of top-dressing and planting density on the number of spikelets and yield of rice cultivated with nitrogen-free basal dressing. *Plant Prod. Sci.* 印刷中.

Effect of the Application of Rice Bran on the Carbohydrate Metabolism in Leaves and Stems of Rice Variety Hitomebore Cultured with the Practice of No Nitrogen Application at Basal Dressing Accompanied with Sparse Planting : Mitsugu HIRANO, Mihoko SUGIYAMA, Yohko HATAKEYAMA, Eiki KURODA and Takao MURATA* (*Fac. of Agr., Iwate Univ., Morioka 020-8550, Japan*)

Abstract : Hitomebore, a rice variety, was cultured in 1996 using standard practice (CON) and the practice of no nitrogen application at basal dressing accompanied with sparse planting (BNo). Raw rice bran at 120gm^{-2} (RB1) and 240gm^{-2} (RB2) was added to the practical regime of BNo, respectively, at basal dressing. The yield in each experimental plot was not significantly different. Although the small amount of rice bran had only a slight effect on the growth of rice plants, the dry weight and nitrogen content of leaves increased after the panicle formation stage in the RB2 plot and exceeded those in the CON plot at the ripening stage. The decrease in stem weight at the ripening stage was faster and larger in the lower part of the stems, below the 3rd internodes, than in the upper part of the stems. At the booting stage, sucrose content in both leaves and stems was apparently higher in sparse planting plots than in the CON plot. At the ripening stage, sucrose content decreased initially and reincreased to the maximum in the middle of the ripening stage. Sucrose content in the upper part of the stems was not so different among the various plots and it rapidly increased early in the ripening stage. On the contrary, sucrose content in the lower part of the stems was clearly different among the plots and reached a maximum earlier than that in the upper part of the stems. Starch content in stems was smaller in the CON plot than in the other plots. The content of non-structural carbohydrate in the lower part of the stems changed faster and larger than that in the upper part of the stems.

Key words : Booting stage, Hitomebore, No nitrogen application at basal dressing, Non-structural carbohydrate, Rice bran, Ripening stage, Sparse planting, Sucrose content.