

ダイズ群落内の光環境が葉の窒素濃度、窒素蓄積量及び莢への窒素分配に及ぼす影響

浅野目謙之・池田武*

(新潟大学)

要旨: ダイズ, ミヤギシロメ (葉序 1/2, ラケット型) を用いて光を有効利用するような群落 (分枝の配置が畝方向に対して直角方向: 直角処理) とそうでない群落 (分枝の配置が畝方向に対して平行方向: 平行処理) を構成し, 光の利用効率が窒素栄養特性に及ぼす影響について調査を行った. 葉の窒素濃度は直角処理で高い値を示し, NAR の値も高かったことから光合成能が高いと推察した. 一方, 平行処理の葉の窒素濃度は直角処理と比較して生殖生長初期で低かったが, NAR は生殖生長期間中低い値を示し, 相互遮蔽が低下の要因と考えた. NAR の増加により CGR が高まった直角処理は栄養器官の乾物生産が高まったと思われた. 窒素蓄積量は直角処理で高く推移し, R5 期に直角処理では葉と茎の, 平行処理では葉の窒素蓄積量が高まった. 栄養器官の窒素蓄積量は後に莢への窒素転流量へと貢献しており直角処理で転流量が高まった. R5 期から R6 期にかけて葉の窒素蓄積量の群落分布は両処理とも上層から下層にかけて段階的に減少したが, 直角処理で群落下層の葉の窒素濃度は高かった. よって, 光合成能が維持され老化が抑えられたことより, 群落内部への光透過量が多く, 受光態勢が良好であることが示唆された. 以上より, 生殖生長期間中の受光態勢は光合成能に関係し, 葉の窒素濃度, 窒素蓄積量に影響を及ぼすことが示唆された. 栄養器官の窒素蓄積量は莢への窒素転流量へ貢献し, 直角処理で葉と茎から莢への窒素転流量が高まった.

キーワード: 群落構造, ダイズ, 窒素蓄積量, 窒素転流量, 窒素濃度, 光の有効利用.

作物個体群において, 群落内の自然光の利用効率を高めることは一般に乾物生産, 及び収量の増加につながる (Asanome and Ikeda 1998, Board and Harville 1992). ダイズ栽培において群落受光量は草型や栽植様式による受光態勢によって決定される. 光を受け止める個葉の光合成速度が高まることで群落の光合成が高まり, 生産力へとつながる. また, 個葉の光合成は葉の窒素濃度と関係が深く, 葉の窒素濃度は植物体内の窒素濃度とも相関関係にある (Boon-Long ら 1983, Hayati ら 1995, 牧野ら 1988, Shiraiwa and Hashikawa 1995). ダイズは子実には多くのタンパク質を含み, その生産過程は子実への窒素の集積過程であることは多く知られており, 同化された窒素はいったん栄養器官に蓄積され子実に再分配される (Weaver and Morris 1982). よって栄養器官はソース器官であるほかに同化産物の中間的プールの役割も果たしていると考えられ, 幼莢期以降の窒素蓄積量と子実重は相関が高く, 生育後半までの窒素の供給が重要である (藤井ら 1987). また, 生殖生長期間中の受光態勢は光合成を介して窒素供給に影響しており, 受光態勢, 光の利用効率は植物体内の窒素の動態に大きく関与しているものと思われる. 白岩ら (1994) は個体群の受光態勢と葉身窒素濃度との関係を論じたが, 受光態勢と葉の窒素濃度, 窒素蓄積量, 窒素の再分配の関係について検討した例は少ない.

ダイズの分枝発達には大きく分けて葉序が 1/2 と 2/5 の二つのタイプがあることが報告されている (有賀 1943). 川嶋 (1969) は葉序 1/2 の品種を用いた実験を行ったが, 茎, 分枝, 葉柄などの生長に伴う変化によって葉層構造は平均化し, その基盤のうえにさらに調位運動が加わるの

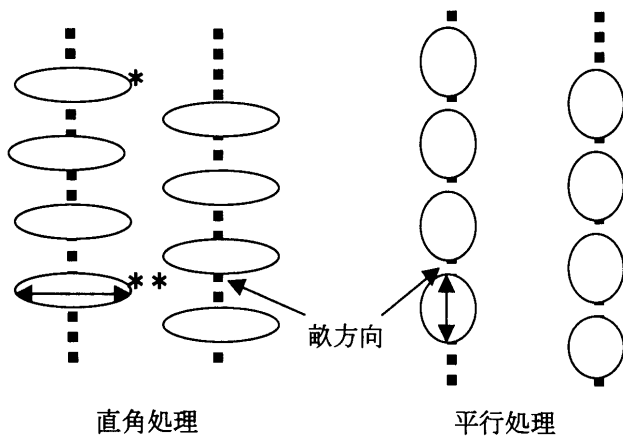
で, 葉層構造は極めて複雑な内容を持つようになるとしている. 本実験では葉序が 1/2 であり, 草型がラケット型で分枝の伸長方向が比較的平面的な品種ミヤギシロメ (池田・佐藤 1978) を用いた. ミヤギシロメは小葉面積が大きいため, 群落内部への光の浸透が良好ではなく (Isoda ら 1994 b), 調位運動も不活発であること (Isoda ら 1994 a) が報告されている. また, ダイズは密植栽培ほど頂小葉の立ち上がり小さいこと (Ikeda and Ino 1995) が記されており, 栽植様式を変化させて光を有効利用するような群落を構成することが重要である. よって本実験では光を有効利用する群落とそうでない群落を構成すること, 即ち, 群落内の葉の配置を畝方向に対して直角に配置した場合と, 平行に配置した場合とについて, 葉の窒素濃度とその群落内分布, 及び蓄積量に与える影響について調査を行った. また, 生殖生長期間における受光態勢の違いが乾物生産とそれによる窒素蓄積に及ぼす影響を生長解析法により明らかにするとともに, 莢形成後の窒素の蓄積量とその転流様式に及ぼす影響についても検討を行った.

材料と方法

品種ミヤギシロメ (極晩生) を供試し, 1996 年 5 月 15 日に新潟大学農学部圃場 (砂質土壌) に 2 粒づつ播種した. 品種ミヤギシロメはラケット型 (有賀 1943) を示し, 初生葉の発達方向に対してほぼ直角に第 1 葉が発達し, 第 2 葉以上は相互に発達する. すなわち葉序は 1/2 で, 草型が平面的である. この草型の特徴を生かして光を有効利用するような群落と, そうでない群落を構成した. 分枝の方向が畝方向に対して直角に伸長するような処理 (直角処

理)と、畝方向に対して平行に伸長するような処理(平行処理)を設けた(第1図)。栽植密度は m^2 当たり25株(畝幅20 cm, 株間20 cm)と9株(畝幅33.3 cm, 株間33.3 cm)で, 栽植様式はジグザグ植えとした。初生葉完全展開後の6月上旬に間引きを行い1株1本立てとした。葉の発達方向が揃わないものは移植ごとを用い, 株ごと回転させて方向を揃えた。各区を 20 m^2 ($4 \times 5 \text{ m}$)の3反復とした。施肥は播種前に $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=3:10:10 \text{ kg}/10 \text{ a}$, 石灰 $10 \text{ kg}/10 \text{ a}$ を施した。灌水は十分に行い, また除草は適宜行った。病虫害駆除は害虫の発生に合わせて殺虫剤(スミチオン乳剤, トレボン乳剤など)を4~5回散布した。

開花期(7月31日:Fehr and Caviness (1977)による



第1図 栽植様式と分枝の伸長方向。

栽植密度は, 25, 9 株 m^{-2} 。栽植様式はジグザグ植え。

*: 円は植物体, 及び葉, 分枝の伸長範囲を示す。

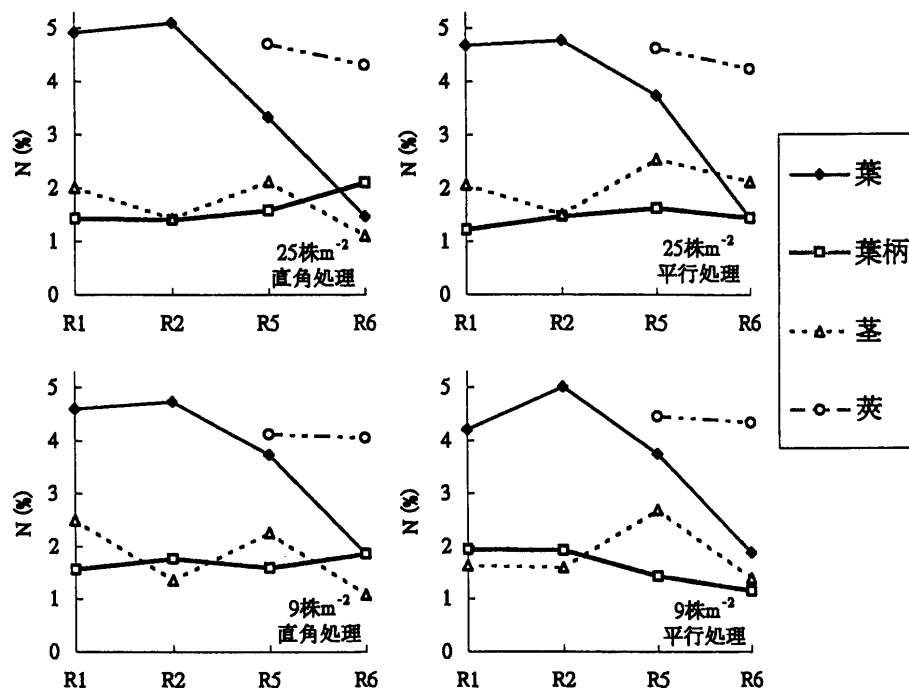
** : 円内の矢印は分枝の伸長方向を示す。

R1期, 以下同様。), 開花盛期(8月7日:R2期), 子実肥大開始期(9月11日:R5期), 子実肥大盛期(10月8日:R6期)に各区から生育中庸な3個体(処理毎に合計9株)を採取し, 葉, 葉柄, 茎, 莢に分け, 9株中の平均的な個体1株の全葉について葉面積を葉面積計(林電工社製, AAM-7型)で測定した。分解後, 各部位を3日間 65°C で通風乾燥した。その後, 乾物重を測り, 平均個体の葉重より比例式でLAIを算出した。窒素については, セミマイクロケルダール法及び近赤外分析装置(BRAN LUEBBE社製, InfraAlyzer 260)にて分析後, 植物体の窒素濃度および窒素蓄積量を算出した。また, 乾物重と葉面積の推移から各生殖生長期間の個体群生長速度(CGR)と純同化率(NAR)を求めた。

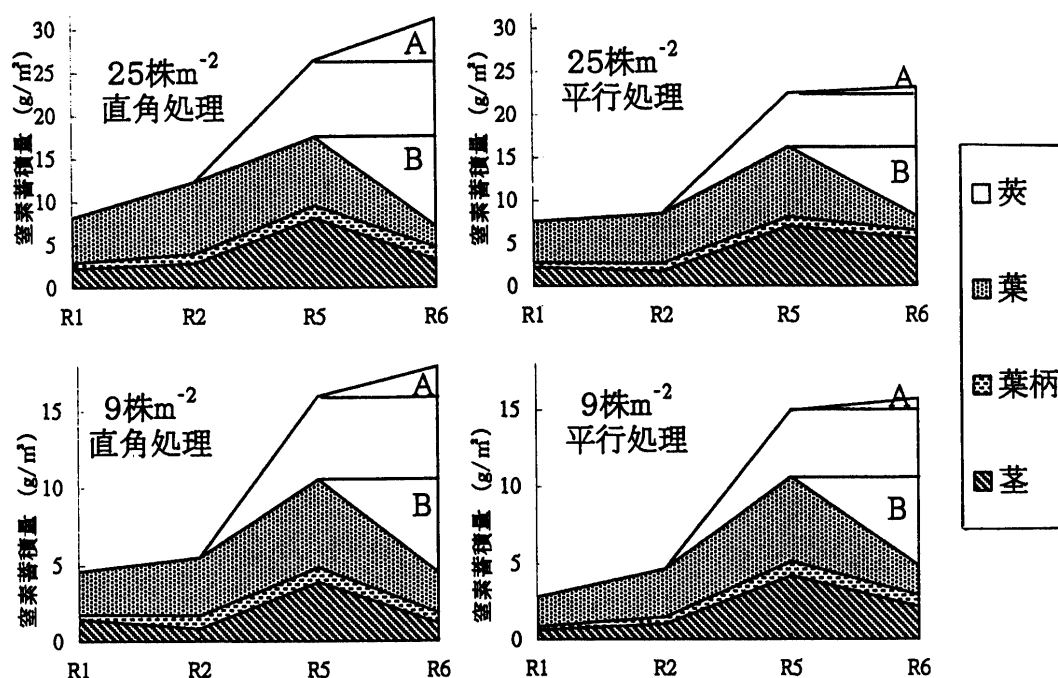
なお, R5期と, R6期には層別刈り取りを行い, 群落構造の調査を行った。各群落の生育が揃った部分を選び, まず上層から10 cmごとに光量子計(LI-COR社製, LI-189)にライン光量子センサー(LI-COR社製, LI-191S)を接続して光量子束密度を測定し, これより相対照度を算出した(相対照度はR5期のみ)。次に10 cmの層ごとに植物体を刈り取った。採取した植物体は前述と同様に通風乾燥し, 同化器官と非同化器官に分けて乾物重を測定し, その後層毎に葉の窒素濃度を測定し, 葉の窒素蓄積量を算出した。

結 果

ダイズ植物体内の窒素濃度を生殖生長期についてみると(第2図), 葉はR2期に各処理とも約5%前後の高い値を示し, 25株 m^{-2} 直角処理(以下, m^{-2} を省略)で5.09%と, 最も高い値を示した。その後, 生殖生長期が進



第2図 部位別に見た窒素濃度の推移。



第3図 部位別に見た窒素蓄積量の推移。

A: 英形成後窒素同化量。B: 英への窒素転流量。

第1表 R5期からR6期の英への窒素転流量と英における英形成後窒素同化量。

処理区	英への窒素転流量				
	英形成後窒素同化量 — g m^{-2} —	英への窒素転流量の合計 — g m^{-2} —	— g m^{-2} —		
			葉	茎	葉柄
25株-直角処理	4.78	10.42(43%)*	5.57(53%)**	4.85(47%)	0(0%)
25株-平行処理	1.24	8.10(54%)	6.47(80%)	1.46(18%)	0.16(2%)
9株-直角処理	1.94	6.05(45%)	3.07(51%)	2.74(45%)	0.25(4%)
9株-平行処理	0.76	5.75(53%)	3.53(61%)	2.04(35%)	0.18(3%)

*: パーセントはR6期の英窒素蓄積量に対する窒素転流量の割合。

**: パーセントは各器官から英への窒素転流量寄与率。

むにつれて窒素濃度は一様に低下した。25株ではR2期以降、直角処理は直線的に減少し、R5期で3.3%と、処理中最も低い値を示したのに対して、平行処理はR5期での低下が少なかった。9株では直角処理も平行処理も25株-平行処理に類似した低下を示し、R6期で約1.8%を示した。R2期からR5期までは低下の割合は小さいが、R6期にかけて急激な低下が見られた。葉柄の窒素濃度は各処理間で約1.0~2.0%の値を示し、処理間、栽植密度、時期別に大きな違いはみられなかった。茎の窒素濃度はR1期からR2期にかけていったん減少する傾向にあったが、R5期に向かって増加し、この時期に最も高い値を示した。英の窒素濃度は英の伸長の終了したR5期からR6期にかけて僅かな減少を示し、25株-直角処理で4.71%から4.31%と最も高い値での推移が見られた。

窒素蓄積量は乾物重の推移(Asanome and Ikeda 1998)と類似して推移した(第3図)。開花期から結英期までの窒素蓄積量は葉>茎>葉柄の順であった。葉はR1期からR2期までは徐々に増加した。R5期にかけて大

きく増加して最も高い蓄積量を示したがそれ以降は急激な減少が見られた。茎も葉と同様の傾向にあり、R5期に最も高い蓄積量を示し、その後低下した。葉柄の全体に占める割合は小さいが、その推移はR1期からR2期にかけて増加し、その後はほぼ一定の蓄積量を示した。R5期以降は、他部位に比べて英の蓄積量が最も高く、R6期にかけて大きく増加した。また、全窒素蓄積量は生殖生长期間を通して25株-直角処理>25株-平行処理>9株-直角処理>9株-平行処理の順に大きく、特に25株-直角処理ではR2期以降、著しく高く推移した。

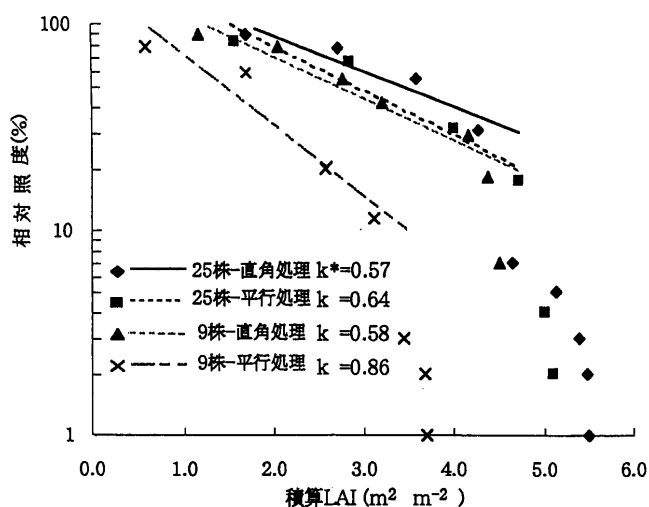
赤尾ら(1987)は、ダイズは葉、茎などに同化炭素をいったん貯蔵蓄積し、子実肥大盛期以後に子実へ転流したことを報告している。本報においても、R5期からR6期にかけての葉、茎、葉柄の窒素蓄積減少量を英への窒素転流量としてみた時、栄養器官からの転流量は25株-直角処理で10.42 g m^{-2} と最も大きく、次いで25株-平行処理>9株-直角処理>9株-平行処理の順であった(第1表)。R6期の英窒素蓄積量における転流量の割合は直角処

理の25株で43%, 9株では45%であった。これに対して平行処理では25株で54%, 9株では53%となり, 直角処理よりも平行処理の莢窒素蓄積は転流量に依存する割合が高かった。R5期からR6期の莢における莢形成後窒素同化量は各栽植密度別にみると直角処理が平行処理よりも高い値だった。莢への窒素転流量の内訳の割合を葉, 葉柄, 茎の三器官から見ると, 葉については25株-直角処理では53%, 25株-平行処理は80%, 9株-直角処理は51%, 9株-平行処理では61%と直角処理で平行処理よりも低い傾向にあったが, 茎では逆に直角処理で大きく高まった。葉柄による窒素再分配量は僅かであった。茎に由来

するところに違いが見られたことが処理間の違いにつながり, 直角処理は葉, 茎の両器官から効率よく転流されたと考えられた。

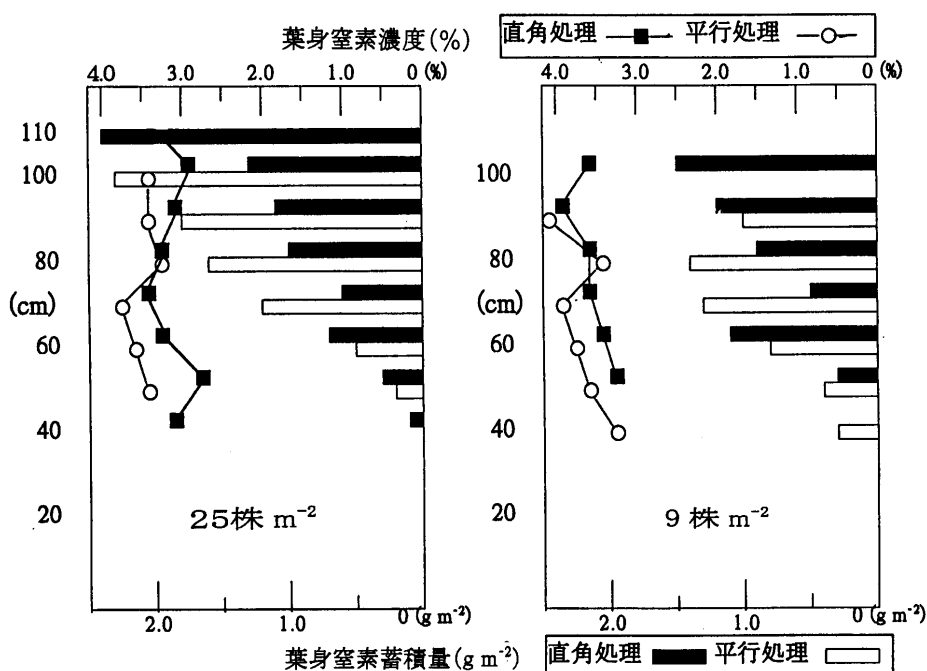
R5期の相対照度とLAIとの関係を見ると25株-直角処理はLAIの値に対して相対照度の減少割合が最も小さく(第4図), 吸光係数についても最も小さい値を示した(Asanome and Ikeda 1998)。これに対して25株-平行処理はLAIが増すにつれて相対照度の減少割合が大きかった。吸光係数も直角処理と比較して高い値を示しており, 群落内部への光の浸透が少なく, 受光態勢が悪いことが伺えた。9株においても同様の傾向を示しており, 特に9株-平行処理は吸光係数が0.86と最も高く, 相互遮蔽が強く起こっていた群落であった。

R5期の群落内の窒素分配をみると(第5図), 葉の窒素蓄積量は両栽植密度ともに乾物重と同じような分布傾向を示した(Asanome and Ikeda 1998)。しかし, 25株-直角処理では最頂部の層で 2.45 g m^{-2} と最も多く, その直下の層で 1.31 g m^{-2} まで減少し, 以下の層の低下とともに徐々に減少した。25株-平行処理においても上層から下層にかけての段階的な減少傾向は同様であった。25株での各層の葉の窒素蓄積量の和を比較してみると, 直角処理は平行処理に対して上下ともに1層ずつ多く, 葉の乾物重は直角処理が平行処理よりも高いが(Asanome and Ikeda 1998), 葉の窒素濃度が直角処理は各層で3%前後と, 平行処理の3.5%前後に比べて低い値を示したため, 蓄積量の和は, ほぼ同じであった。9株の各層の葉の窒素濃度は直角処理で3.6%前後, 平行処理で3.7%前後と, 平行処理で僅かに高い傾向にあったが葉の窒素蓄積量の和は両処理でほぼ等しく, 25株と同様の傾向を示した。

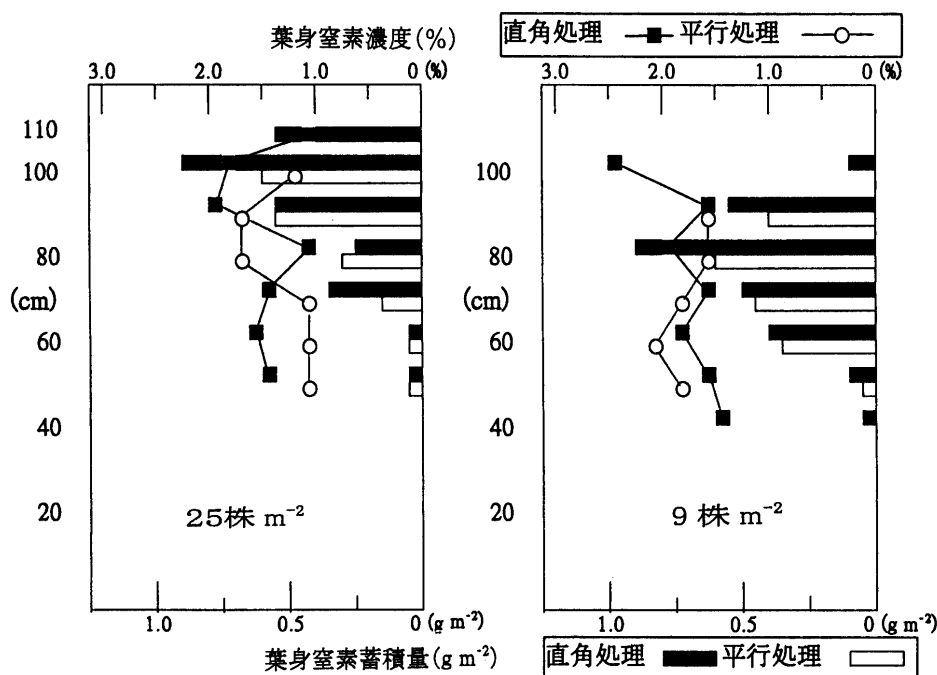


第4図 相対照度と積算LAIとの関係。

*: 吸光係数 k は相対照度が10%までのLAIの値から算出した。また, 近似直線についても相対照度10%以上の値で示した。



第5図 R5期における葉の窒素濃度と葉の窒素蓄積量の群落内分布。



第6図 R6期における葉の窒素濃度と葉の窒素蓄積量の群落内分布。

第2表 生殖生長期間の生長パラメータ。

処理区	R1-R2			R2-R5			R5-R6		
	CGR - g m ⁻² day ⁻¹ -	NAR - m ² m ⁻² -	平均 LAI - m ² m ⁻² -	CGR - g m ⁻² day ⁻¹ -	NAR - m ² m ⁻² -	平均 LAI - m ² m ⁻² -	CGR - g m ⁻² day ⁻¹ -	NAR - m ² m ⁻² -	平均 LAI - m ² m ⁻² -
25株-直角処理	25.7	6.04	4.3	13.1	2.16	6.1	6.8	1.17	5.9
25株-平行処理	6.3	1.71	3.7	11.4	2.12	5.5	3.8	0.79	5
9株-直角処理	7.3	3.53	2.1	9.3	2.69	3.6	3.8	0.89	4.3
9株-平行処理	7.7	5.59	1.5	8.9	2.92	3.2	4.1	1.01	4.1

R6期の群落内の葉の窒素分配は窒素濃度、窒素蓄積量ともにR5期と比較して大きく減少した(第6図)。25株の両処理とも光条件の良い上層部の葉の窒素蓄積量は高いが下層部の低下が著しかった。葉の窒素濃度は25株-直角処理では90-100 cmで約2%、50-70 cmの層で約1.5%と比較的高く、80 cmの層で1.0%と低かった。25株-平行処理は80-90 cmの層で1.7%と高いが、50-70 cmの層では約1.1%と、直角処理よりも低い値であった。9株の葉の窒素濃度は、直角処理では最上層で2.6%と高いが、それ以下の層は約1.7%と、各層に大きな違いがみられなかった。葉の窒素蓄積量について、25株-直角処理は60-80 cm層の窒素蓄積量がR5期は1.28 g m⁻²であったがR6期には0.33 g m⁻²と0.95 g m⁻²減少した。これに対して、25株-平行処理の60-80 cm層のR5期における葉の窒素蓄積量は1.67 g m⁻²から0.25 g m⁻²へと1.42 g m⁻²減少しており、中層から下層の窒素蓄積量減少割合は平行処理で大きかった。9株においては50-80 cm層のR5期の葉の窒素蓄積量は1.91 g m⁻²であったがR6期には0.91 g m⁻²であり、1 g m⁻²減少したが、平行処理は2.63 g m⁻²から0.91 g m⁻²へと1.39 g m⁻²減少しており、25株同様、中層から下層にかけての葉の窒素蓄

積量は平行処理で減少した。また、葉の窒素蓄積量の和をR5期とR6期とで比較すると25株-直角処理はR5期が7.6 g m⁻²、R6期は2.47 g m⁻²と約3分の1に低下した。25株-平行処理はR5期が7.65 g m⁻²、R6期は1.71 g m⁻²と約4分の1に低下し、平行処理の低下が大きかった(第3図)。9株-直角処理はR5期が5.48 g m⁻²、R6期は2.59 g m⁻²と約2分の1に、9株-平行処理はR5期が5.36 g m⁻²、R6期は1.83 g m⁻²と約3分の1に減少し、9株-直角処理の減少割合が処理間で最も小さかった。

生殖生長期間の生長パラメータを第2表に示した。R1期からR2期にかけて25株-直角処理のCGRが顕著に高い値を示し、NAR、平均LAIにおいても他の処理と比較して高かった。9株においてはNARが平行処理で直角処理よりも高かったが平均LAIは直角処理で高く、CGRに大きな違いはみられなかった。R2期からR5期にかけては、各パラメータにおいて直角処理で高まる傾向にあった。R5期からR6期にかけて25株-直角処理の平均LAIは高く、生殖生長期後半にかけて高く維持されていた。また、CGR、NARの値においても最も高い値を示した。

考 察

子実生産には子実肥大期間の窒素蓄積量が関与しているとされているが (Shiraiwa and Hashikawa 1995), 窒素蓄積量の生殖生長期間の推移に処理間で違いが見られたため (第3図), 葉の窒素濃度と窒素蓄積量について, R5期のLAIと相対照度から推察される受光態勢を含めて, 各処理を群落構造の視点から検討した。

R2期以降, 各処理とも葉の窒素濃度は低下するが, 窒素蓄積量は増加した。25株一直角処理はR1期から高い葉の窒素濃度が維持され, R1期からR2期のNARは高い値を示したことから (第2表), 個葉の光合成能力も高いと推察された。R2期以降, 葉の窒素濃度の低下からNARは低下し, 光合成能力の低下が推察されたが, 平均LAIが高まったためCGRの値は高く, 乾物生産は高く維持されていたと推察した。25株一平行処理では生殖生長期間を通してNARが低く推移したことから, 個葉の光合成能力ではなく群落構造に由来する相互遮蔽がNAR低下の要因となっており, このためCGRの値が低いと推察された。その結果, R1期からR2期のCGRに大きな差が生じたと考えた。浅沼 (1977) は開花期間中の乾物生産の多少が収量に大きな影響を及ぼしたことを報告している。収量の大きな決定要因である莢数は総開花数と密接な関係があり (斉藤ら 1998), 花蕾数確保のためには花芽分化期から開花期にかけての乾物生産を高く維持する必要がある (郡ら 1998)。本実験において, R1期からR2期にかけてCGRが高かった直角処理で単位面積当たりの莢数は平行処理よりも高まっていた (Asanome and Ikeda 1998)。また, 大庭ら (1961) は, 開花後30日間の日射量が結莢率に与える影響の大きいことを報告している。シンク能としての莢数の増加には花蕾数や結莢率を介して日射量が関係していると考えられ, 相互遮蔽が小さくシンク能が高まった直角処理は, R5期以降の莢の窒素蓄積量が高まったと推察された。ダイズは水平葉を持つため, 自然光の多くが群落上部で受光される。栽植密度が密植になるほどその傾向は強くなり, 生育後半は葉群が上層に集中して受光態勢が悪くなるという報告が多い (Isoda ら 1992, Johnston ら 1969)。本実験においてもR5期には上層に葉の窒素蓄積が集中していることから葉群の集中により, 受光態勢が良くないことが推察された。そのなかで相対照度とLAIとの関係をみると25株一直角処理はLAIの値が大きくなっても相対照度の減少が小さく, 吸光係数も最も低い値を示した (第4図, Asanome and Ikeda 1998)。また, 生殖生長期間においてCGRの値は処理中で最も高い値の推移を示し, NARにおいても高い値で推移した。特にR1期からR2期とR5期からR6期にはその値が顕著に高かったことから, 直角処理による葉の配列様式が相互遮蔽を軽減させ, 良好な受光態勢が保たれたと推察された。これによりR2期からR6期にかけて葉の乾物重と関

係するLAIは高く維持されたが, R5期での葉の窒素蓄積量の群落分配は最上層を除いて各層で平行処理の約半分であった (第5図)。ダイズは新しい葉を形成するときに用いられる再転流窒素の割合は70~80%とされているが (Kato and Kitada 1979), この場合, 莢の発達が始まるとすぐに栄養器官の窒素蓄積は減少し, その窒素は再転流窒素として莢に転流されることから (Weaver and Morris 1982), R6期にかけて葉から莢への窒素転流が進んでいると思われた。9株についてもこの傾向は見受けられ, 結莢が最も多いと考えられる中層の60 cmから80 cmの層においての葉の窒素蓄積量は直角処理が平行処理よりも大きく下回っていた。Kokubun ら (1988) は開花期から子実肥大期までのソース能によってシンク能は決定されると指摘している。葉の窒素濃度が生殖生長期初期で高かった直角処理ではR5期にかけて莢の窒素蓄積量は高まる傾向にあった (第3図)。また, LAIと関係する葉の窒素蓄積量においても高く推移した。池田・佐藤 (1990) は主茎第1節間の m^2 当たり全断面積は開花期, 登熟期のLAIと正の相関を持ち, 茎の断面積の増加が増収パラメータの増加を支えているとしている。本実験においてもR5期にかけて直角処理では葉と茎の窒素蓄積量が高まった。光合成産物が葉のみでなく, 茎においても受容され, 葉, 及び茎の窒素蓄積増加につながったと思われた。これがR6期にかけて莢への転流量へ寄与し, 莢の窒素蓄積量増加へ貢献していた (第1表)。栄養器官のうち, 葉に加えて茎が莢への窒素転流量に重要な役割を果たしており, 茎は転流窒素の中間的プールの役割を担っている可能性が示唆された。白岩ら (1994) は, 高い乾物生産力を可能にする葉面積当たり窒素濃度はより豊富な窒素の供給を伴うことによって可能になることと, 葉面積当たり窒素濃度は比葉重という品種の形態特性と相関関係が強いことを認めている。しかし, 形態特性に変化が生じない本実験のような単一品種の中では群落構造の違いによる受光態勢の変化の影響が葉の窒素蓄積量, 窒素転流様式に現れたと考えた。

次に, 莢形成後の窒素同化量においても直角処理と平行処理に違いが見られたため, 受光態勢と葉の老化の関係について考えてみた。Hayati ら (1995) は葉から莢への窒素の再転流による葉の老化促進を指摘しており, シンクサイズが制限されると葉からの窒素の移動が阻害され葉の老化が遅れる (Crafts-Brandner and Egli 1987) ことや, 下層への光の透過量以外の葉の老化要因についても報告されている (大川ら 1999)。葉の窒素濃度が低下すると密植ほど葉の老化が進行するが (小松ら 1989), 本実験のR6期において密植である25株一直角処理の群落下層で葉の窒素濃度は高まっていた。また, R5期からR6期にかけて葉の窒素蓄積量の減少割合は平行処理で大きく, 葉の窒素濃度に伴う光合成能力の維持が窒素同化量の増加, 及び老化の遅延につながったと推察した。ダイズの調位運動は広く知られているが, Isoda ら (1994 a) はミヤギシロメの

調位運動活性が低いことを報告しており、葉の動きが鈍いことで処理の影響が受光態勢に強く現れ、老化にも影響したと考えられた。中世古ら (1984) は多収性を示すダイズ品種では受光態勢がよく、登熟期の葉の生存期間が長く落葉が遅いとしている。また、本実験で使用した品種ミヤギシロメのような晩生品種は子実肥大期の光合成速度と子実収量とは密接な正の相関があり、大きなシンク能によって光合成能が昂進され (Kokubun ら 1988)、葉の老化が抑えられたと考えた。

以上のことから、群落内部への光の透過がみられ、よりよい受光態勢であった直角処理は生殖生長初期の NAR や光合成能力が高く CGR が高まった。このことは乾物生産の増加を示しており、乾物の増加は窒素の中間貯蔵量の増加につながり、窒素転流量へと貢献したことが示唆された。直角処理は莢への窒素転流に寄与する栄養器官のなかで葉と茎の両者からの転流がみられたのに対して、平行処理は葉に限った転流様式であった。直角処理は転流量が多かったことに加えて莢形成後の窒素同化量も増加しており、群落下層の葉の窒素濃度の低下が抑えられたことが光合成能力を維持し、同化量へ貢献していたと考えた。葉の窒素濃度低下抑制には下層への光の透過が関係していると考えられ、群落構造の違いによる受光態勢が生殖生長期間を通して葉の窒素濃度、窒素蓄積量、窒素転流量に影響を及ぼすことが示唆された。

謝辞: 本報告に対して、富山県立大学短期大学部葭田隆治先生には有益な助言および懇切なご校閲を頂きました。また、調査にあたって徳永幸代氏より多大なご協力をいただきました。ここに記して、深謝いたします。

引用文献

- 赤尾勝一朗・河内宏・米山忠克 1987. 生育時期別に同化された炭素のダイズ子実への転流と子実生産への寄与について. 日作紀 56: 18—23.
- 有賀武典 1943. 草性に依る大豆品種の分類. 農及園 18: 669—670.
- Asanome, N. and T. Ikeda 1998. Effect of branch direction's arrangement on soybean yield and yield components. J. Agronomy & Crop Science 181: 95—102.
- 浅沼興一郎 1977. 開花期前後の遮光が秋ダイズの収量成立に及ぼす影響. 香川大学農学部学術報告 29(61): 11—16.
- Board, J.E., and B.G. Harville 1992. Explanations for greater light interception in narrow- vs. wide-row soybean. Crop Sci. 32: 198—202.
- Boon-Long, P., D.B. Egli, and J.E. Leggett 1983. Leaf N and photosynthesis during reproductive growth in soybean. Crop Sci. 23: 617—620.
- Crafts-Brandner, S.J. and D.B. Egli 1987. Sink removal and leaf senescence in soybean. Plant physiol. 85: 662—666.
- Fehr, W.R. and C.E. Caviness 1977. Stages of soybean development. Iowa Agric. Exp. Stn. Spec. Rep. 80. Ames. 1—12.
- 藤井弘志・安達忠弘・桃谷英・鈴木武・大沼彪・阿部吉克・今野周・荒垣憲一 1987. 水田転換畑における多収ダイズの栄養特性. 土肥誌 58: 217—221.
- Hayati, R., D.B. Egri and S.J. Crafts-Brandner 1995. Carbon and nitrogen supply during seed filling and leaf senescence in soybean. Crop Sci. 35: 1063—1069.
- 池田武・佐藤庚 1978. ダイズ「ミヤギシロメ」の分枝の方向性について. 日作紀 47: 438—439.
- 池田武・佐藤庚 1990. ダイズ栽培における栽植密度と収量構成要素との関係. 日作紀 59: 219—224.
- Ikeda, T. and M. Ino 1995. Inclination of soybean terminal leaflet under different plant populations and planting patterns. Bull. of the Fac. of Agr. Niigata Univ. 47: 27—33.
- Isoda, A., T. Yoshimura, T. Ishikawa, H. Nojima and Y. Takasaki 1992. Radiation interception in field grown soybeans measured by integrated solarimeter films. Jpn. J. Crop Sci. 61: 124—130.
- Isoda, A., T. Yoshimura, T. Ishikawa, H. Nojima and Y. Takasaki 1994a. Effects of leaf movement on radiation interception in field grown leguminous crop. Jpn. J. Crop Sci. 63: 657—663.
- Isoda, A., T. Yoshimura, T. Ishikawa, H. Nojima and Y. Takasaki 1994b. Solar radiation penetration and distribution in soybean communities. Jpn. J. Crop Sci. 63: 298—304.
- Johnston, T.J., J.W. Pendleton, D.B. Peters and D.R. Hicks 1969. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). Crop Sci. 9: 577—581.
- Kato, Y. and S. Kitada 1979. Studies on nitrogen metabolism of soybean plants. IV. The dynamic aspect of leaf nitrogen and its relation to protein turnover. Jpn. J. Crop Sci. 48: 229—242.
- 川嶋良一 1969. 大豆の葉の調位運動に関する研究. 第1報 調位運動と葉面受光. 日作紀 38: 718—729.
- Kokubun, M., H. Mochida and Y. Asahi 1988. Soybean cultivar difference in leaf photosynthetic rate and its relation to seed yield. Jpn. J. Crop Sci. 57: 743—748.
- 小松典行・津川兵衛・西川欽一・丹下宗俊 1989. ダイズの窒素固定能と収量に及ぼす栽植密度の影響. 日作紀 58: 164—170.
- 郡健次・斉藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 1998. ダイズ収量成立過程における花器の分化と発育について. 一時期別遮光が花蕾数と結実率に及ぼす影響一. 日作紀 67: 79—84.
- 牧野周・前忠彦・大平幸次 1988. ダイズ単葉の窒素含量と大気条件下における光合成速度およびその律速因子との関係. 土肥誌 59: 377—381.
- 中世古公男・野村文夫・後藤寛治・大沼彪・阿部吉克・今野周 1984. 水田転換畑多収ダイズの乾物生産特性. 日作紀 53: 510—518.
- 大庭寅雄・大泉久一・工藤壮六・上田邦彦 1961. 大豆の開花結実性に関する研究. 一気象並びに耕種条件と大豆の部位別開花結実性との関係一. 日作紀 30: 68—71.
- 大川泰一郎・高瀬陽子・石原邦・平沢正 1999. ダイズ品種エンレイとタチナガハの収量、乾物生産の異なる要因の生理生態学的解析. 日作紀 68: 105—111.
- 斉藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 1998. ダイズの収量成立過程における花器の分化と発育について. 一莢数と花蕾数の関係一. 日作紀 67: 70—78.
- 白岩立彦・橋川潮・高進吾・酒井綾子 1994. ダイズ品種の光エネルギー変換効率と受光態勢ならびに葉面窒素濃度との関係. 日作紀 63:

1—8.

Shiraiwa, T. and U. Hashikawa 1995. Accumulation and partitioning of nitrogen during seed filling in old and modern soybean cultivars in relation to seed production. Jpn. J. Crop Sci. 64 : 754

—759.

Weaver, R.W. and D.R. Morris 1982. Mobilization of labeled N in soybean leaves during early podfill. J. Plant Nut. 5 : 1009—1108.

Effect of Light Interception Difference in Soybean Canopy on Leaf Nitrogen Concentration, Nitrogen Accumulation and Nitrogen Partitioning into Pod : Noriyuki ASANOME and Takeshi IKEDA* (*Fac. of Agr., Niigata Univ., Niigata 950-2181, Japan*)

Abstract : Soybean cv. “Miyagishirome” (flat type) was planted to use or not use light efficiency (Type R or Type P). This study was conducted to research the effect of light utilization of canopy on leaf nitrogen concentration and accumulation, nitrogen distribution in each canopy, and nitrogen partitioning into the pod. Leaf nitrogen concentration increased and showed the highest level in Type R with 25 plants m^{-2} . After R2, leaf nitrogen concentration decreased sharply in Type R and gradually in Type P. Total nitrogen accumulation increased higher in Type R than in Type P from the early reproductive stage. Leaf and stem nitrogen accumulation increased in Type R, but only leaf one did in Type P at R5. Nitrogen accumulation in vegetative organs contributed to the amount of nitrogen partitioning into the pod after R5. Leaf nitrogen accumulation distributed into higher layers of canopy and declined gradually to the ground in all treatments. But the concentration level in leaf nitrogen was higher in Type R than in Type P at low layers and it showed high photosynthetic ability because of more light penetration at R6. From these results, light intercepting characteristics that related with photosynthesis at reproductive stage were suggested to effect on nitrogen concentration in leaf. Nitrogen accumulation in vegetative organs contributed to increase nitrogen partitioning into the pod. Nitrogen partitioning from leaf and stem was higher in Type R.

Key words : Canopy structure, Light utilization efficiency, Nitrogen accumulation, Nitrogen concentration, Nitrogen partitioning into the pod, Soybean.

書評

「科学英語のセンスを磨く」鈴木英次著，化学同人，1999年，227頁，定価3000円。

本誌に投稿されている方も，Plant production science等の英文誌や国際学会への報告のために英語で論文を書く機会も多いことと思う。翻訳のためのパソコンソフトも，テキストチェックのサービスもある昨今だが，英語で論文を書くことはやはりハードルが高い。初心者としては英語論文の書き方に関する本に手が伸びるのが人情である。本書は数ある「書き方本」の一つではあるが，アメリカ化学会発行のJournal of Biological ChemistryとJournal of Organic Chemistryの論文の英語のデータベースをもとに，表現方法の実用的な解析が行われている点に特徴がある。例えば，可能性を表す副詞「たぶん」を表す表現には16語句が挙げられ，それぞれの表す確率と使用頻度が示されており，自分が表したいニュアンスを英語で表現する上で重要な情報が得られる。目次を紹介すると，1. 確率で表す可能性の助動詞の使い方，2. 確率で表す副詞の使い方，3. 確率で表す冠詞の使い方，4. 論文でよく使われる熟語，5. 根拠・原因・理由の重要表現……と続く。巻末に科学論文によく使われる語句，慣用句の英和，和英の索引が付いているのもありがたい。本書の帯封のコピー「あなたの冠詞の使い方大丈夫!？」にドキッとされる方，手元にあってもよい本と思うが，御一覽あれ。

(北陸農業試験場 福田直子)