九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

クズの葉の調位運動に関する研究(II)： 単葉の光合成速度に及ぼす調位運動の影響

劉, 恵國
九州大学農学部林学科

玉泉, 幸一郎
九州大学農学部林学科

齋藤, 明
九州大学農学部林学科

https://doi.org/10.15017/10932

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 77, pp.1-12, 1997-12-26. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

九大演報（Bull. Kyushu Univ. For.），77：1-12，1997

クズの葉の調位運動に関する研究（Ⅱ）*
単葉の光合成速度に及ぼす調位運動の影響

劉　　惠　國**・玉　泉　幸一郎**・齋　藤　　明**

抄　　録

クズの葉の調位運動が単葉の光合成速度に及ぼす影響を水平に固定した葉と自然葉の光合成速度とを比較することで検討した．固定葉と自然葉の光合成速度を比較すると，固定葉が自然葉よりも低い場合と自然葉と変わらない場合の2つの事例が認められた．これらの事例を再現するために，全体葉に対する固定葉の面積割合を変えて光合成速度を測定したところ，固定葉割合が多い場合にのみ光合成速度が低下することが確認された．このことから，調位運動の停止は直接的には光合成速度に影響しないが，光合成以外の生理活性に変化が生じ，これにより二次的に光合成速度を低下させていると考えられた．

生理的な変化として水分ストレスの増大が考えられたので，固定葉と自然葉との茎内の樹液流量を比較した．その結果，調位運動の停止はクズの葉の水消費量を平均2倍に増加させており，このことから，調位運動の停止は水ストレスの増大を引き起こし，その結果光合成速度の低下をもたらすことが示唆された．

キーワード：クズ，調位運動，光合成速度，樹液流量

1．　は　じ　め　に

光の強さや方向に反応して葉の位置を様々に変化させる運動がみられ，このような動きは「調位運動」と呼ばれる（川嶋，1969a）．この調位運動を行う植物には，マメ科植物，ヒマワリ，ワタなど多くの草本作物や砂漠植物が知られている（川嶋，1969a；Wien and Wallance, 1973；Ledent and Moss, 1977；Wainwright, 1977；Shackel and Hall, 1979；Wofford and Allen, 1982；Travis and Reed, 1983；Woolley *et al.*, 1984；Oosterhuis *et al.*, 1985；Sato, 1990；Isoda *et al.*, 1993b）．

調位運動を行うことによって得られる植物側の利点については，熱放射量を減らすことによる葉温の低下と蒸散量の低下およびその結果として水ストレスからの回避（Shackel and Hall, 1979；Oosterhuis *et al.*, 1985；Berg and Heuchelin, 1990；Isoda *et al.*, 1993a；齋藤ら，1994），光合成に利用できない多量の光量子からの回避（Ehleringer and Werk, 1983），強光によって生じる光合成の光阻害からの回避（Hirata *et al.*, 1983；Forseth and Teramura, 1986），草冠内への光透過を高めることによる群落光合成速度の増大（川嶋，

---

* Liu, H. K., Gyokusen, K. and Saito, A.：Studies on Leaf Orientation Movements in Kudzu (*Pueraria lobata*) (Ⅱ)：Effects of Leaf Orientation Movements on Photosynthetic Rate.

** 九州大学農学部林学科
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81

1969a, 1969b；Wien and Wallace, 1973）などの多くの仮説が提唱されているが，未だ明確な回答は得られていない．

マメ科のクズは葉の調位運動を行うことが報告されており（Forseth and Teramura, 1986），その調位運動の詳細については前報で報告した（劉ら，1997）．調位運動の利点については，Forseth and Teramura（1986）が葉の水分利用効率を高め，光合成に対する温度阻害と光阻害から回避させている可能性を示唆している．我々も前報（劉ら，1997）において，葉温の低下に貢献していることを報告したが，光合成速度への影響については直接測定の必要性を指摘した．そこで本報告では，人為的に固定した葉と自然葉の光合成速度を比較することで，葉の調位運動が光合成速度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした．

2．材料と方法

実験1：当年生稚苗による固定葉と自然葉の光合成の比較

クズの種子は1991年10月に採取して精選した後，冷蔵庫（4℃）で保存した．播種は1992年3月，九州大学農学部構内の圃場で行った．赤玉土を入れた素焼き（直径：25cm，深さ：21cm）のポットに3個を播種し，圃場で十分に灌水して発芽させた．全個体の発芽が終了した5月20日に，間引いて1ポット当たり1本立てとして生育させた．施肥として液肥ハイポネックス（N：P：K＝10：3：3）を1：500の比率で水にうすめて1週間に1回与えた．灌水はポットの下部から水が浸透するまで毎日行い，害虫防除を適宜行った．

供試材料の10ポットの中から1ポットを選んで実験に供試した．供試した苗の大きさは苗高19 cm，根元径20 mm，葉数4枚であった．隣接する2枚の複葉を選択し，1枚の葉は3小葉とも釣り糸で水平に固定し（固定葉），一方の葉は自然状態（自然葉）とした．1992年9月15日にポットを屋外に置き，葉温と光合成・蒸散速度の日変化を1時間間隔で測定した．測定では小葉を単位として固定葉と自然葉の葉温を放射温度計（THI-300：日立社）で測定し，その後，光合成速度と蒸散速度を携帯式光合成装置（SPB-3：島津社）を用いて測定した．自然葉の光合成・蒸散速度の測定では葉面は固定葉と同様に水平になるように向きを変えて測定した．

実験2：一年生稚苗の固定葉と自然葉の光合成速度の比較

クズの種子は1993年10月に採取して精選した後，冷蔵庫（4℃）で保存した．播種は1994年3月，九州大学構内圃場で行った．赤玉土を入れた素焼き（直径：25 cm，深さ：21 cm）のポットに1個を播種し，圃場で十分に灌水して発芽させた．発芽が終了した後，5月30日に直径1m，深さ0.8 mの大型コンクリーポットに移植し，1ポット当たり2本を生育させた．施肥として液肥ハイポネックス（N：P：K＝10：3：3）を1：500の比率で水にうすめて1週間に1回与えた．灌水はポットの下部から水が浸透するまで毎日行い，害虫防除を適宜行った．

翌年の1995年8月5日に供試材料から1個体を選んで実験に供試した．1本の当年生の茎（蔓長：221 cm；根元径：6.3 mm；葉数：9枚）から4枚の葉を測定葉として選択し，それぞれの複葉の側小葉の一枚ずつを釣り糸で水平に固定し（固定葉），一方の側小葉は自

然状態のまま（自然葉）とした．4枚ずつの固定葉と自然葉の光合成速度と蒸散速度を30分間隔で，携帯式光合成装置（SPB-3：島津社）を使用して測定した．同時にそれぞれの葉温を放射温度計（THI-300：日立社）で測定した．さらに，測定苗から1m離れた地上1.5mの地点で光量束子密度（KS-10：小糸工業）をデジタル記録計（SOLACⅢMP-090：EKO社）で3分間隔で収録した．

実験3：固定葉の面積率を変化させた苗の光合成速度の比較

供試材料は実験2と同様に生育させた苗を用いた．根際より3本の蔓を発生している苗を選び，1本（蔓長：185cm；根本径：4.3mm；葉数：8枚）の蔓はすべての葉を人工的に固定し（固定葉1），1本（蔓長：178cm；根本径：4.7mm；葉数：9枚）は頂端から5枚目の複葉を選び，その3枚の小葉を固定し（固定葉2），さらに，1本（蔓長：159cm；根本径：4.1mm；葉数：7枚）の葉はそのままとした（自然葉）．固定処理は9月10日の午前5時に行った．光合成速度と蒸散速度の測定は1996年9月9日から15日までの7日間行い，朝の9時30分に携帯型光合成測定装置（SPB-3：島津社）を用いて測定した．測定葉数は，固定葉1と自然葉では5枚の小葉，固定葉2では固定した小葉3枚であった．なお，測定期間中は夕方に十分な灌水を行った．

実験4　固定葉と自然葉の樹液流量の比較

供試材料は実験2と同様に生育させた苗を用いた．コンクリーポットに生育する苗木から測定用に1本の蔓（苗高：212cm；根本径：5.1mm；葉数：10枚）を選んだ．樹液流量はダイナゲージ（DYNAMAX社：SGA-5）を用いた茎熱収支法によって測定した．ダイナゲージの装着部位は供試した材料の根元から10cmで，装着後に遮光シートで全面を覆った．1995年7月31日から8月5日までの6日間の測定を行い7月31日，8月2日，8月4日は自然葉のまま測定し，8月1日，8月3日，8月5日は蔓上の全ての葉を水平に固定して測定した．ダイナゲージには規格の電圧（DC 4.5V）をかけ，出力されるデータはデジタル記録計で3分間隔で収録した．樹液流量の算出に必要なセンサー係数は明け方の樹液流量の最低値を0g/secとして算出した．ダイナゲージによる測定と同時に，測定木から1m離れた地上1.5mの地点で気温，湿度および光量束子密度を測定した．なお，測定期間中は夕方にコンクリートポットに十分な灌水を行った．

3．結　　果

実験1　当年生稚苗の固定葉と自然葉の光合成速度の比較

当年生稚苗による固定葉と自然葉の光合成速度，葉のコンダクタンス，水平光強度および葉温の日変化を図1に示した．測定日の天候は照度の変化が示すように，日変動の大きい晴れ時々曇りの日であった．光合成速度と気孔コンダクタンスは測定時間内を通じて自然葉で高く，固定葉で低かった．葉温は逆に固定葉で高く，自然葉で低かった．固定葉の光合成速度と葉のコンダクタンスは自然葉の約半分の値で推移した．

実験2　一年生稚苗の固定葉と自然葉の光合成速度の比較

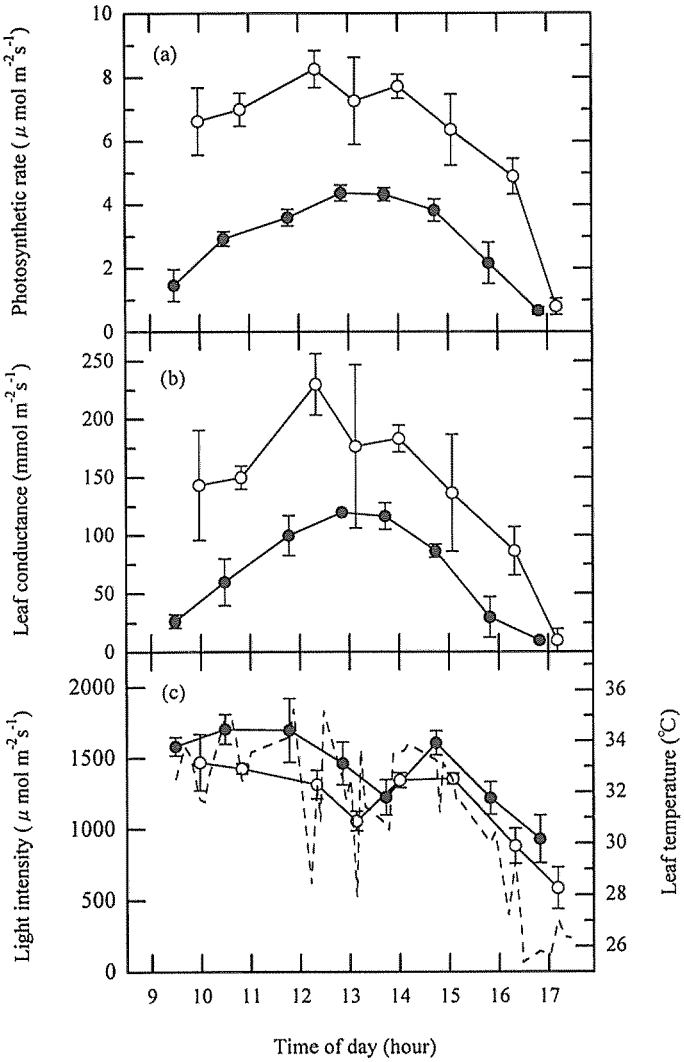

Fig. 1 Diurnal changes in photosynthetic rate(a), leaf conductance(b), light intensity(c), and leaf temperature(c) of natural and fixed leaves in the seedling. Each point is the value mean ±SE of three leaves.
○ : natural orientation, ● : restrained horizontally, ····· : light intensity

図1 当年生稚苗の自然葉と固定葉の光合成速度，気孔コンダクタンス，水平光強度および葉温の日変化

一年生苗の固定葉と自然葉の光合成速度，気孔コンダクタンス，照度，気温および葉温の日変化を図2に示した．測定日の天候は照度変化で明らかなように，ほぼ快晴であった．気温は早朝から光照度の増加とともに急激に上昇し，日中には最高36℃になった．その後，光強度の減少につれ低下した．光合成速度は6時から9時にかけて高くなった後，15時頃まで安定した値で推移し，その後は低下した．固定葉と自然葉で比較すると類似した日変

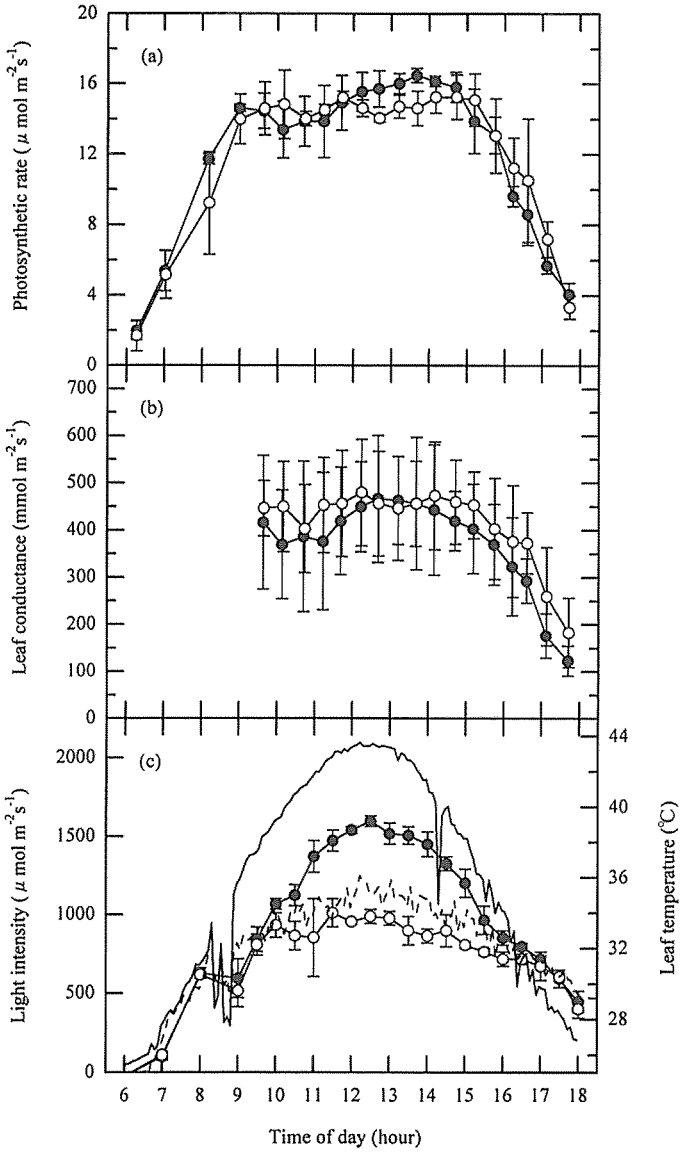

Fig. 2　Diurnal changes in photosynthetic rate(a), leaf conductance(b), light intensity(c), air tamperature(c) and leaf temperature(c) of natural and fixed leaves in the courrent year-seedling. Each point is the mean value ±SE of four leaves.
○ : natural orientation, ● : restrained horizontally, ····· : light intensity

図2　一年生稚苗の自然葉と固定葉の光合成速度，気孔コンダクタンス，水平光強度，気温および葉温の日変化

化を示したが，わずかに午後に固定葉で高い値を示す傾向が見られた．葉のコダクタンスについても同様な変化を示し，差は認められなかった．葉温については，固定葉と自然葉の温度差は10時頃に発生し始め，12時30分に最大の温度差になった．その後，差がしだ

いに小さくなり16時30分以降には変わらない値となった．12時30分に測定された葉温は固定葉が39.2℃，自然葉が33.8℃でその差は5.4℃であった．また，葉温に差が生じ始めた時と差が無くなった時の温度はおよそ32℃で一致した．気温と葉温を比較すると，固定葉は気温より高く，自然葉は気温よりも低かった．

実験3　固定葉の面積率を変化させた一年生苗の光合成速度の比較

固定葉の面積率を変えて測定した光合成速度の経日変化を図3に示した．処理を行う前日の9月9日に測定した光合成速度は3処理ともほぼ同じ値を示したが，葉のコンダクタンスは固定葉で若干高い値を示した．固定葉1の光合成速度は処理を行った9月10日には低下を開始し，9月11日以降は自然葉の約半分の値で推移した．これに対し固定葉2は測定期間を通じて変化が認められず，自然葉と同様な値で推移した．一方，固定葉1の葉のコンダクタンスは処理開始日の9月10日には低下が認められ，9月11日以降には50 μmol $m^{-2}s^{-1}$の明らかに低い値で推移した．これに対し，固定葉2は処理後2日間は自然葉よりも高い値を維持したが，その後は低下し自然葉と変わらない値で推移した．

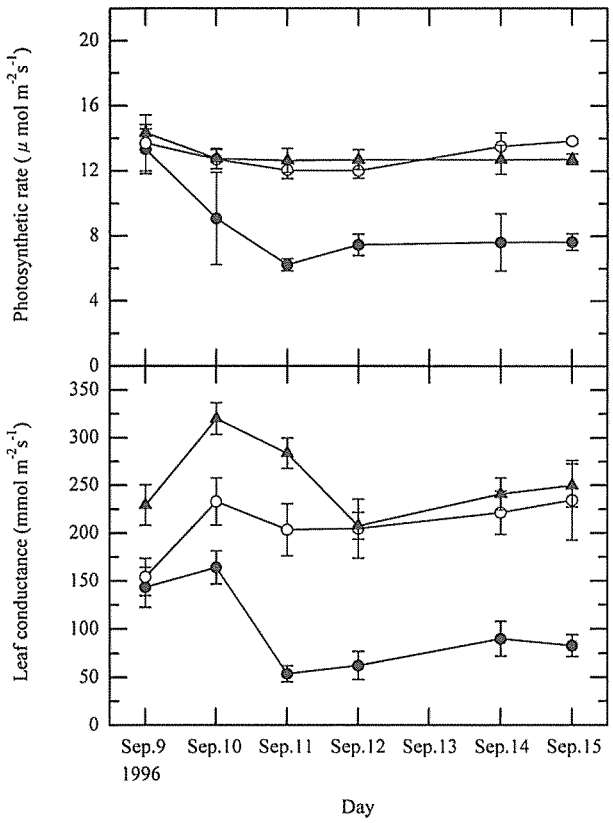

Fig. 3　Changes of photosynthetic rate and leaf conductance under different fixing rate. ○, ▲, ● show 0 %, 25 %, 100 % fixing rates. Each point shows the mean ±SE.

図3　固定葉の苗全体の葉面積に対する固定率の光合成速度の比較

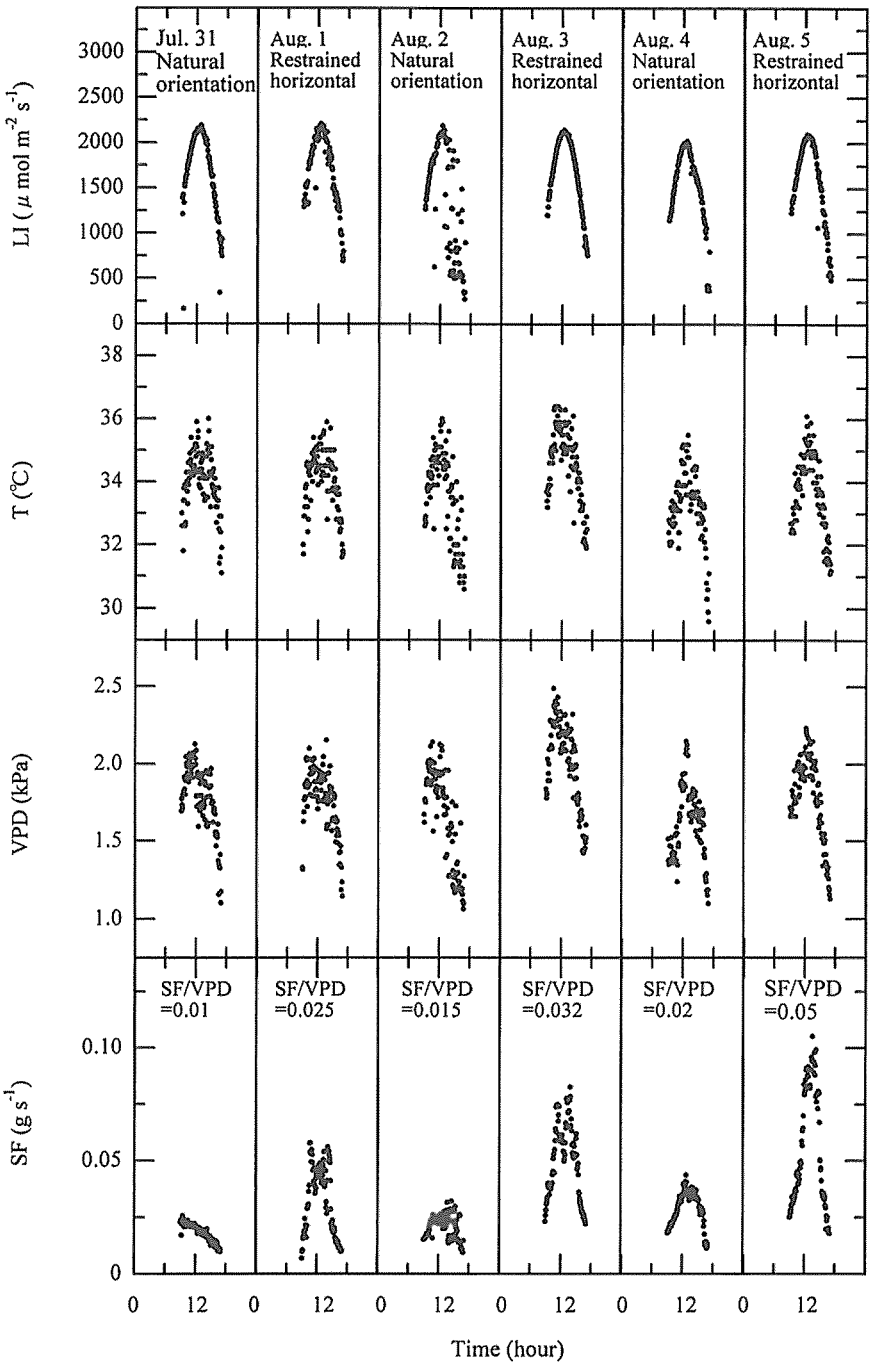

Fig. 4　Diurnal changes in light intensity (LI), and air temperature (T) vapour pressure deficit (VPD), and sap flow rate (SF) of natural and fixed leaves.

図4　自然葉と固定葉の条件で測定期間の水平光強度，気温，飽差および樹液流量の日変化

実験4 樹液流量の変化

測定期間中の光強度，気温，飽差および樹液流量の日変化を図4に示した．光強度の変化が示すように，8月2日は日変動が大きく晴れ時々曇りの天気であったが，他の日は快晴であった．この期間の気温は日中35℃を越え，最大飽差は2.0 kPa以上の高温で乾燥していた．樹液流量は自然状態の7月31日，8月2，4日では低く，葉を固定した8月1，3，5日には高かった．測定日ごとの最大値は飽差がほとんど変化していないにもかかわらず，測定後半ほど増加する傾向が見られた．

4. 考 察

4.1. 調位運動が光合成速度に及ぼす影響

実験1で行った当年生稚苗による固定葉と自然葉の光合成速度の比較では，固定葉の光合成速度が自然葉よりも40％から80％も低くなった（図1）．葉のコンダクタンスも同様に固定葉で低い値を示し，気孔の開度が低下していた．さらに，葉温も固定葉で高くなった．これらのことから調位運動の停止は，葉温の上昇，気孔開度の低下，さらに光合成速度の低下を引き起こす効果があると考えられた．そこで，その効果をさらに詳しく検討するために，実験2において蔓の伸びた一年生稚苗を用い，複葉内の小葉同士を固定葉と自然葉として光合成速度を比較した．その結果，葉温には差が認められたものの，光合成速度と葉のコンダクタンスには差が認められず，実験1とは異なる結果となった（図2）．

実験1と実験2において異なる結果となった理由は苗の大きさの違い，単葉の1枚を固定葉としたことなどが考えられたが，これまでの研究により調位運動は特に水ストレスの緩和機能が高いと言われていることから（Forseth and Teramura, 1986；斉藤，1994），実験1と実験2では，水ストレスの発生状況に違いがあったのではないかと仮定した．表1は実験1と実験2における固定葉の苗全体の葉面積に対する比率を示したものであるが，これによると実験1では葉面積の50％を固定したのに対し，実験2では28％を固定していたことになる．従って，実験1において蒸散速度が高まることにより水ストレスが引き起こされたが，実験2では水ストレスが発生するまでの蒸散速度の上昇がなかったものと推察できる．そこで，これら二つの結果を再現するために，実験3においては，実験2と同様に生育させた1年生苗を用いて固定葉の面積率を変えて光合成速度を比較した．

実験3では表2に示したように，固定葉1では100％の葉を，また，固定葉2では25％の葉を固定した．固定葉1では処理した当日にはすでに光合成速度に低下が認められ，処理2日目以降では約半分の低い値を示した．葉のコンダクタンスも光合成速度と同様な変

表1 実験1と実験2における全葉面積に対する固定葉面積の割合
Table 1 The ratio of fixed to natural leaves for the whole plant in experiment 1 and 2.

	Total leaf area (F) (cm^2)	Fixed leaf area (f) (cm^2)	Fixing rate (f/F) (%)
Experiment 1	193.1	97.3	50
Experiment 2	621.8	176.1	28

表2　実験3における全葉面積に対する固定葉面積の割合
Table 2　The ratio of fixed to natural leaves for the whole plant in experiment 3.

	Total leaf area (F) (cm^2)	Fixed leaf area (f) (cm^2)	Fixing rate (f/F) (%)
Fixed leaf 1	609.3	609.3	100
Fixed leaf 2	709.2	182.7	25

化を示し，低下率は光合成速度よりも大きかった．これに対し固定葉2では，光合成速度にはほとんど差が認められず，葉のコンダクタンスには若干の低下が認められるのみであった．これらの結果は，固定される葉の量によって，光合成速度への影響が異なることを示唆しており，先の仮定が正しかったことを示している．

調位運動の役割として，Powles（1984）は高照射と高温の相互作用で引き起こされる光合成の光阻害からの回避を，またHirata *et al.*（1983）は過剰な光による光合成阻害からの回避をあげている．しかし，本研究では，実験2と実験3で認められたように，調位運動を停止させても条件によっては光合成速度の低下が認められないこと，さらに，実験2のように固定葉の葉温が39.2℃の高温に達したにもかかわらず，光合成阻害の傾向が認められなかったことから，光合成速度は高照射や高温の影響を受けにくく，このことから，調位運動によって高照射と高温から回避しているとは考えにくい．むしろ，調位運動を行うことによって葉温を低げ，しかも蒸散速度を低下させることによって水ストレスの発生を抑え，結果的に光合成速度の低下を防いでいると推察される．

4.2.　調位運動が樹液流量に及ぼす影響

調位運動による蒸散抑制効果を明らかにするために，固定葉と自然葉での樹液流量を比較した．その結果，固定葉では自然葉の2倍程度の樹液流量が発生することが認められた（図4）．茎内の樹液流量は主として葉のコンダクタンスと飽差によって決定され，葉のコンダクタンスが大きく，飽差が大きい場合に高くなる．実験1と実験3で認められたように，葉を固定すると葉のコンダクタンスは低下することから（図1，図3），固定葉にすることで樹液流量は低下すると考えられた．しかしながら，測定結果では逆に増加した（図4）．Forseth and Teramura（1986）はクズの葉の調位運動は熱量を半分に減らし，葉温で5～6℃，水分消費量で18～26％の減少を生じさせることを報告いているが，ここでも葉温の上昇の効果が葉のコンダクタンス低下の効果を上回り，結果的に樹液流量の増大が生じたと判断される．

樹液流量は大気湿度の影響を受け，乾燥した時には多く，湿った時には少なくなる．そこで，図4の結果を詳細に検討するために樹液流量と飽差の関係に直して図5に示した．ここで，図中に示された回帰直線の傾きは樹液流量の流れ易さを示しており，傾きが大きいほど同じ飽差に対する樹液流量が大きいことを示した．自然葉の傾きは0.0104，0.0124，0.0183で，固定葉の傾きは0.0191，0.0253，0.0326となり，それぞれ経時的に増加した．しかし，連続した2日間で固定葉と自然葉の傾きの比を比較すると，1.84倍（d/a），2.04倍（e/b），1.78倍（f/c）で，固定葉は自然葉の約2倍の樹液流量を維持していた．それぞれ

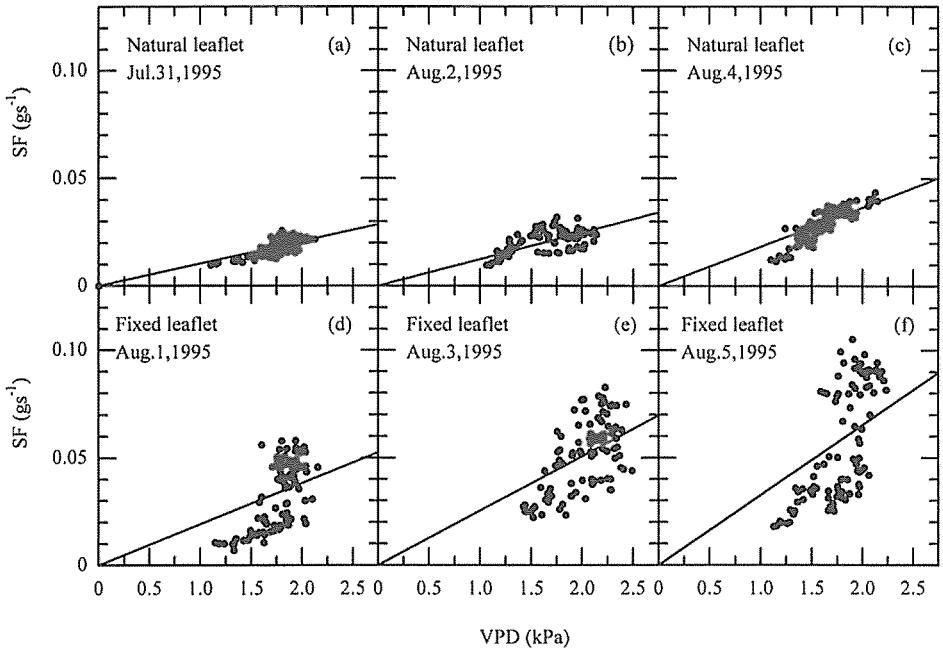

Fig. 5 Relations between sap flow rate (SF) and vapour pressure deficit (VPD).
Note : (a) y=0.0104x, r=0.7562 (b) y=0.0124x, r=0.5731 (c) y=0.0183x, r=0.8177
(d) y=0.0191x, r=0.5356 (e) y=0.0253x, r=0.5957 (c) y=0.0326x, r=0.5793
図5 樹液流量と飽差の関係

の傾きが経時的に増大したことの理由としては，固定によって生じた水ストレスと温度傷害の影響が考えられる．つまり，同一の蔓を材料として固定葉と自然葉を繰り返したために，固定葉で受けた水ストレスや温度傷害による気孔制御機能の喪失がそのまま継続されたことにより経時的に増加したと推測される．

このように，クズの葉の調位運動は樹液流量を大きく低下させる効果のあることが明らかにされた．この樹液流量の低下は，葉からの蒸散の低下を示すもので，本研究では蒸散による水の消失の軽減が水ストレスの発生を緩和させ，光合成速度を維持している可能性を示した．今後はさらに水ストレスの発生状態，水ストレスと光合成速度との関係について詳細な実験が必要と考えられる．

引 用 文 献

BERG, V.S. and HEUCHELIN, S. (1990) : Leaf orientation of soybean seeding. I. Effect of water potential and photosynthetic photon flux density on paraheliotropism. Crop Sci. **30** : 631-638

EHLERINGER, J.R. and WERK, K.S. (1983) : Modifications of solar-radiation absorption patterns and implications for carbon gain at the leaf level. *in* On the economy of plant form and function, EHLERINGER, J.R. and WERK, K.S. (ed.). Cambridge University Press, Melbourne Sydney, pp. 57-82

FORSETH, I.N. and TERAMURA, A.H. (1986)：Kudzu leaf energy budget and calculated transpiration：The influence of leaflet orientation. Ecology 67：564-571

HIRATA, M., ISHII, R., KUMURA, A. and MURATA, Y. (1983)：Photoinhibition of photosynthesis in soybean leaves. II. Leaf orientation-adjusting movement as a possible avoiding mechanism of photoinhibition. Jpn. J. Crop Sci. 52：319-322

ISODA, A., YOSHIMURA, T., ISHIKAWA, T., NOJIMA, H. and TAKASAKI, Y. (1993a)：Effects of movement on radiation interception in field grown leguminous crops. I. Peanut (*Arachis hypogaea* L.). Jpn. J. Crop Sci. 62： 300-305

ISODA, A., YOSHIMURA, T., ISHIKAWA, T., WANG, P., HOJIMA, H. and TAKASAKI, Y. (1993b)： Effects of leaf movement on radiation interception in field grown leguminous crops. II. Soybean (*Glycine max* Merr.). Jpn. J. Crop Sci. 62：306-312

川嶋良一（1969a)：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

川嶋良一（1969b)：大豆の葉の調位運動に関する研究. 第2報 調位運動の基本型とその物質生産上の意義, 日作紀 38：730-742

劉 惠國・玉泉 幸一郎・斎藤 明（1997)：クズの葉の調位運動に関する研究. I. 小葉の方位調節と葉温の日変化. 九大演報 76：11-24

LEDENT, J. F. and MOSS, D. N. (1977)：Spatial orientation of wheat leaves. Crop Sci. 17：873-879

OOSTERHUIS, D.M., WALKER S. and EASTHAM, J. (1985)：Soybean leaflet movement as an indicator of crop water stress. Crop Sci. 25：1101-1106

POWLES, S.B. (1984)：Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. Annual Review of Plant physiology 35：15-44

SATO, H. (1990)：Studies on leaf orientation movements in kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). III. Different responses of the cultivars to light intensity and air temperature. Jpn. J. Crop Sci. 59：535-539

斎藤邦行・稲村隆治・石原 邦（1994)：ダイズ複葉の運動と環境条件との関係. 第4報 個葉の葉面受光. 日作記 63：616-624

SHACKEL, K.A. and HALL, A.E. (1979)：Reversible leaflet movements in relation to drought adaptation of cowpeas, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Aust. J. Plant Physiol. 6：265-276

TRAVIS, R.L. and REED, R. (1983)：The solar tracking pattern in a closed alfalha canopy. Crop Sci. 23：664-668

WAINWRIGHT, C.M. (1977)：Sun-tracking and related leaf movements in a desert lupine (*Lupinus arizonicus*). Amer. J. Bot. 64：1032-1041

WIEN, H.C. and WALLACE, D.H. (1973)：Light-induced leaflet orientation in *Phaseolus vulgaris* L. Crop Sci. 13：721-724

WOFFORD, T.J. and ALLEN, F.L. (1882)：Variation in leaflet orientation among soybean cultivars. Crop Sci. 22：999-1004

WOOLLEY, J.T., ALFICH, R.A. and LARSON, E.M. (1984)：Direct measurement of irradiance upon phototropic soybean leaves throughout the day. Crop Sci. 24：614-616

（1997年7月9日受付；1997年9月10日受理）

Summary

The effect of changes in leaf orientation of kudzu (*Pueraria lobata*) on leaf photosynthesis was determined by artificially fixing leaves horizontally and comparing photosynthetic rate to that of the unrestrained leaf allowed leaf orientation movement. Comparing photosynthesis of fixed and natural leaves, it was determined that in some instances, photosynthetic rate of fixed leaves did not differ significantly from natural leaves. However, at times, fixed leaves had a lower photosynthetic rate than natural ones. Because of this, the ratio of fixed to natural leaves for the whole plant was varied. It was determined that only when the proportion of fixed leaves was high did leaf photosynthetic rate decrease. These findings indicate that restraining leaf orientation movement does not affect photosynthetic rate directly. However, changes in physiological processes other than photosynthesis may lead to lower photosynthetic performance.

Since physiological changes resulting from water stress may have a great effect on leaf photosynthetic rate, the sap flow of stems of both fixed and natural leaves was measured. It was found that prevention of leaf movement in kudzu increased transpiration by an average of two times, resulting from water stress, suggesting one cause for the decline in photosynthesis.

Key words : kudzu ; leaf orientation movement ; photosynthetic rate ; sap flow