

# ラッカセイの登熟前期における純同化率に及ぼす葉面積指数,比葉面積,葉身窒素含量および莢実への乾物分配率の影響

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	小野, 良孝
巻/号	51巻3号
掲載ページ	p. 287-292
発行年月	1982年9月

## ラッカセイの登熟前期における純同化率に及ぼす葉面積指数、 比葉面積、葉身窒素含量および莢実への乾物分配率の影響

小野良孝

(農林水産省熱帯農業研究センター沖繩支所)

昭和56年10月28日受理

作物個体群の乾物生長速度は、純同化率 (NAR) と葉面積指数 (LAI) の積として表わされるが、これら二要素間には強い負の相関関係が存在し、LAI の増大に伴って NAR が直線的に減少することは、広く認められている。これは、LAI の増大により葉の相互遮へいが強まることにあると理解されている。しかし、NAR は作物個体群の一定期間における単位面積当たりの全葉の平均的な同化能率を乾物ベースで表示しているものであるから、LAI のみの変動に依存しているものでないことは自明である。

すなわち、NAR は葉身の光合成速度、作物体各部の呼吸速度、同化系に対する非同化系の比、作物個体群の受光態勢などの諸要素と関係し、これら諸要素に影響する作物体内、外の諸条件と関係している。

MURATA<sup>4,5)</sup> は、日射量と葉の相互遮へいを考慮した個体群葉層内の平均的日射強度と NAR との間に高い正の相関関係があること、日射量と葉の相互遮へいの影響を除くと、NAR は葉身窒素含量 (NL) と密接な関係を示すこと、さらに、これら諸要因の影響を除くと NAR は気温と深く関係していることを報告している。

葉身の光合成速度に対して葉身の厚さが関係していると報告されているが<sup>7,9)</sup>、葉身の厚さと密接な関係

にある比葉面積 (SLA) と NAR との間に相関関係が存在するとされている<sup>1)</sup>。

本研究の対象とするラッカセイは、比較的低い草高の下に小形の葉を密に配した個体群を形成し、生育の比較的早期に開花始がみられ、その後 100 日後後にわたって栄養生長と生殖生長が平行して進行するという特徴ある生育パターンを示す作物である。その子実には約 50% の脂肪と約 25% のたんぱく質を含み、子実の炭素含量は著しく高い。このために、二酸化炭素の同化量に対する乾物重の比率 (乾物換算率) は、子実重の比率が高くなるにつれて低下するとされている<sup>1)</sup>。このことは、ラッカセイの生育期間の大半を占める登熟期において、葉身の二酸化炭素の同化速度と NAR が平行しないことの一因となり、乾物生長の解析にあたっては登熟の程度を考慮する必要があることを示唆しているが、従来、この点について言及した報告は見当たらない。

本報告は、ラッカセイ個体群の登熟前期における乾物生長の特徴を解析する一つとして、LAI, NL, SLA および登熟程度の指標としての莢実への乾物分配率 (Pd. R) の 4 つの作物体要因と NAR とのそれぞれの関係を検討するとともに、NAR に対するこれら 4 要因の相対的な関係の強さを評価したものである。

Table 1. Management factors assigned in experiment designed using table of L<sub>32</sub> orthogonal array.

Factor	Level	
	1	2
Mulching : M	Mulching by vinyl film 3—10—10 compound fertilizer	Non-mulching
Fertilizer : F	200 kg/10a	100 kg/10a
Planting date : D	June 7	May 9
Planting density : P	{7,000 plants/10a (M1) 10,000 plants/10a (M2)}	{3,500 plants/10a (M1) 5,000 plants/10a (M2)}
Row space : S	{80 cm (M1) 70 cm (M2)}	{60 cm (M1) 50 cm (M2)}
No. of plants per hill : N	2 plants	1 plant

Table 2. First flowering date affected by mulching and planting date.

Plot	First flowering date	Days from planting date to first flowering date	Days from first flowering date to first sampling date (Aug. 8)
M1 D1	July 17	40 days	22 days
M1 D2	June 19	41	50
M2 D1	July 22	45	17
M2 D2	July 1	53	38

Table 3. Effects of management factors on net assimilation rate (NAR) from Aug. 8 to Aug. 20.

Factor	Level	Mean	F value	
M	1	4.53 g/m <sup>2</sup> /day	37.33**	
	2	5.79		
F	1	5.03	1.53	
	2	5.29		
D	1	5.99	64.72**	
	2	4.32		
P	1	4.49	41.97**	
	2	5.83		
S	1	5.37	4.04	
	2	4.95		
N		D1	D2	7.98*
	1	5.39	4.31	
	2	6.59	4.33	

Note: \*, significant at 5% level.  
 \*\*, significant at 1% level.

実験方法

本実験は、埼玉県北本市の農事試験場畑作部の試験圃場で 1969 年に行われた。供試圃場は褐色火山灰土壌であった。品種として千葉半立を用い、第1表に示す6種の栽培要因を L<sub>82</sub> の直交表を利用して割り付けた多要因実験である。

生育期間中の 8 月 8 日および 8 月 20 日の両時期に、抜取調査を行った。1 処理区 1 回当たりの採取数を 10 株とし、茎、葉身、莢実の部分に分解して乾物重を求めた。枯死部分は無視し得る程小さかったので測定せず、またこの間の根部乾物重の増加量も小さいと考え、根部の採取は行わなかった。LAI は、無作為に 100 枚の小葉を抽出し、葉身中央部を直径 1.2 cm の円形に打抜き、その乾物重から SLA を求め、これに単位土地面積当たり葉身重を乗じて算出した。

この期間の NAR および P<sub>D.R</sub> は次式によって求めた。

$$NAR = \frac{\log F_2 - \log F_1}{F_2 - F_1} \times \frac{W_2 - W_1}{12 (=8月20-8月8日)}$$

$$P_{D.R} = \frac{P_2 - P_1}{W_2 - W_1}$$

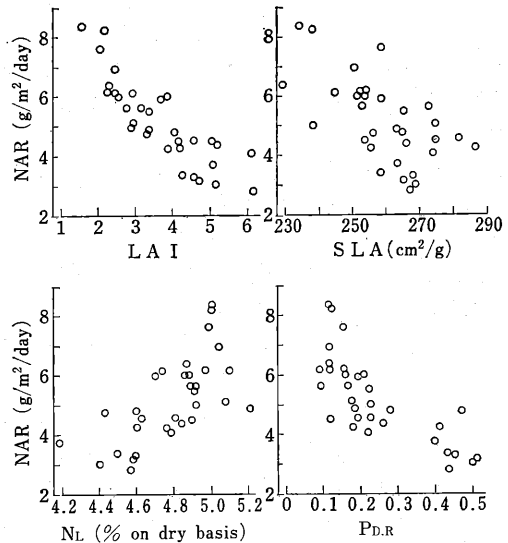


Fig. 1. Relations of NAR to leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA), nitrogen content in leaves (NL) and distribution ratio of dry matter to pod (P<sub>D.R</sub>).

ただし、W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> は、それぞれ 8 月 8 日および 8 月 20 日における、全乾物重、葉面積指数、莢実重である。

8 月 8 日の葉身について、窒素含有率 (NL) を測定したが、分析法はセミマイクロケルダール法による。

調査対象期間中の平均気温は 27.3°C、平均日射量は 417.6 cal/cm<sup>2</sup>/day であった。

実験結果

第2表に、開花始期に及ぼすマルチおよび播種期の影響を示した。この両要因以外については影響がみられなかった。播種期から開花始期までの日数をみると、開花の促進効果には、マルチと播種期の間交互作用がみられ、裸地区に比べたマルチ区の開花の促進程度は 5 月播の場合に大きく、5 月播区に比べた 6 月播区の促進程度は裸地の場合に大きかった。開花始期

Table 4. Correlation coefficients among LAI, SLA, NL, Pd. R and NAR.

	LAI	SLA	NL	Pd. R	NAR
LAI	1.000	0.597***	-0.638***	0.634***	-0.854***
SLA		1.000	-0.208	0.255	-0.613***
NL			1.000	-0.808***	0.663***
Pd. R				1.00	-0.766***
NAR					1.000

Note: \*\*\*; significant at 0.1% level.

Table 5. Summarized result of multiple regression analysis for determining NAR.

No. of independent variables	Characteristics selected as independent variables	Contribution R <sup>2</sup>	Adjusted contribution R <sup>*2</sup>	Residual variance
1	LAI	72.9%	72.0%	0.576
2	LAI, Pd. R	81.4	80.1	0.409
3	LAI, Pd. R, SLA	85.0	83.4	0.342
4	LAI, Pd. R, SLA, NL	85.1	82.9	0.353

Table 6. Partial and standard regression coefficients and regression constant of the best regression equation for determining NAR.

	Independent variable		
	X <sub>1</sub> (LAI)	X <sub>2</sub> (Pd. R)	X <sub>3</sub> (SLA)
Partial regression coefficient	-0.5269	-4.5983	-0.0260
Standard regression coefficient	-0.4397	-0.4260	-0.2416
Regression constant	14.9215		

から第 1 回の抜取調査期までの日数は、17~50 日であった。

関東地方における千葉半立の開花始期から収穫期までの日数は、100 日前後とみなされるので<sup>2)</sup>、本実験の調査対象期間はほぼ登熟前期に相当した。

第 3 表に、8 月 8 日から 8 月 20 日までの期間の NAR に対する各種栽培要因の効果を示した。

6 種の栽培要因の内、施肥量、栽植様式を除く 4 要因に統計的に有意な効果が認められた。すなわち、裸地区>マルチ区、6 月播区>5 月播区、粗植区>密植区、1 株 1 本立区>1 株 2 本立区の差がそれぞれ有意であった。この内、播種期と 1 株本数の間には交互作用があり、1 株 1 本立区>1 株 2 本立区の差は 6 月播の場合において認められた。

つぎに、NAR と LAI, SLA, NL, Pd. R とのそれぞれの関係を第 1 図に示し、これら形質間の相関係数を第 4 表に掲げた。

これらによれば、NAR と LAI, NAR と SLA, NAR と Pd. R との間にはそれぞれ負の有意な相関関係が、また、NAR と NL との間には正の有意な

相関関係が認められた。しかし、第 4 表にみるように LAI, SLA, NL, Pd. R の相互の間には、程度の差はあるが相関関係が存在した。したがって、これら形質間の相互の関係を考慮しつつ、どの形質が NAR と密接な関係をもつか、またその関係の相対的強さを解析する必要がある。

このために、これら 4 形質を説明変数とし、NAR を従属変数とする重回帰分析を行った。一般に、重回帰式に組込まれる説明変数が増加する程、従属変数とした形質の全変動に対する回帰による変動の比率、すなわち寄与率 (R<sup>2</sup>) は増大する。ここでは、LAI, SLA, NL, Pd. R を重回帰式に取込む説明変数の対象とし、これらすべてを組み合わせた 14 個 (=  ${}_4C_1 + {}_4C_2 + {}_4C_3 + {}_4C_4$ ) の回帰式を求め、それぞれについて、R<sup>2</sup>、回帰の残差分散 (RV) を算出した。この中から RV が最小である回帰式を NAR に対する最良回帰式とみなし、これに取込まれた形質が NAR に対して意味のある関係をもつものと考えた。最良回帰式を求めるまでの経過の要約を第 5 表に示した。

同表には、説明変取を 1~4 個とした回帰式のそれ

それぞれにおける、RV が最小のものに取込まれた形質名、 $R^2$ 、RV、自由度調整済みの寄与率 ( $R^{*2}$ ) を示した。

説明変数を1個とする回帰式は4個求められるが、この中では、LAI を取込んだ回帰式の RV が最小となり、 $R^2$  は 72.9% であった。説明変数を2個とする6個の回帰式の中では、LAI と Pd. r. を取入れた回帰式の RV が最小となり、 $R^2$  は 81.4% を示し、LAI 単独の回帰式に比べて顕著な  $R^2$  の増大が認められた。説明変数が3個の場合、LAI, Pd. r., SLA を取込んだ回帰式の RV が最小であり、LAI, Pd. r. を説明変数とする回帰式に比べて、 $R^2$  はさらに増大し、RV は減少した。対象とする4形質すべてを説明変数とする回帰式は、上記した3変数の回帰式に比べて、 $R^2$  がほとんど増大せず、RV は逆に増大し、 $R^{*2}$  は減少した。すなわち、LAI, Pd. r., SLA を説明変数とする回帰式に NL を追加しても、その効果は認められなかった。したがって、LAI, Pd. r., SLA を説明変数とする回帰式が、NAR に対する最良回帰式であり、これによって NAR の全変動の 85% が説明できた。

最良回帰式の偏回帰係数、標準回帰係数、回帰定数を第6表に示した。標準回帰係数の値から NAR に対する相対的な関係の強さをみると、 $LAI > Pd. r. > SLA$  の順であった。

## 考 察

作物個体群の乾物生長は、NAR よりも LAI によって支配されているとされるが<sup>12)</sup>、NAR および LAI はともに顕著な季節変動を示すことが知られている。

ラッカセイの生育に伴う NAR の変化についての報告は多くないが<sup>3, 6, 9)</sup>、本実験と同一の場所で行われた中沢らの結果によると<sup>6)</sup>、開花始期以降において、ほぼ漸減する傾向がみられる。

NAR の季節変動には諸要因が関係しているものと考えられるが、それらは日射量、気温などの作物体外要因と、LAI、葉身の光合成速度、各器官の呼吸速度、同化系に対する非同化系の比率などの作物体内要因に区別されよう。

本実験は、種々な栽培要因を組み合わせる栽培したラッカセイ個体群における、登熟前期の NAR の変動を LAI, SLA, NL, Pd. r. などの作物体内要因との関連で検討したものである。

Pd. r. を除く三要因と NAR との関係について、他作物の得られた結果をみると、NAR と LAI の間

に存在する強い負の相関関係は、多くの作物で認められている。

NL は葉身の光合成速度と密接な関係にあるとされ<sup>7, 9)</sup>、また、MURATA<sup>4, 5)</sup> は、NL を作物体の生理的エージの指標としてとらえ、NAR の変動に及ぼす影響について解析している。

葉身の厚さと光合成速度との関係については、イネ<sup>9)</sup>、ダイズ<sup>7)</sup>などで報告されており、葉身の厚さと密接な関係を示す SLA と NAR の間に負の相関関係が見出されている<sup>1)</sup>。

本実験によって得られた NAR と LAI, NAR と NL, NAR と SLA とのそれぞれの関係は、既往の他作物で得られた結果に一致した。

WATANABE<sup>10, 11)</sup> によれば、炭素含有率の高い子実を生産するダイズ、ラッカセイでは、二酸化炭素同化量から乾物重への換算率は、登熟が進むにつれて低下する。

とくに、ラッカセイの収穫直前の乾物換算率は 0.29 という低値を示し、登熟期の乾物換算率は子実への乾物分配率と関数関係にある。

このような登熟期における乾物換算率の低下は、たとえ二酸化炭素の同化速度が一定に維持されていたとしても、NAR の減少を起させることになる。さらに、登熟の進行に伴う子実重の増大は、同化系に対する非同化系の比率を高めることにより、呼吸量が増大し、その結果として NAR の低下が招来されよう。登熟前期を対象とした本実験における Pd. r. は、0.1 から 0.5 の範囲であったが、NAR との間に負の高い相関関係を示した。

以上のように、NAR は LAI, NL, SLA, Pd. r. との間にそれぞれ有意な相関関係を示したが、これら4形質間相互にも関係がみられるので、単相関係数の大小のみによって NAR に対する関係の相対的強さを評価することができない。そこで、NAR を従属変数とし、4形質を説明変数の対象とする重回帰分析を行い、NAR の変動を最もよく説明する最良回帰式を求めた。その結果、LAI, Pd. r., SLA を説明変数として組込んだ回帰式が、NAR の変動を最もよく説明した。この最良回帰式には NL が組込まれなかったが、これは、NL が Pd. r. および LAI、とくに Pd. r. と強い相関を示す結果である。イネ、ダイズ、トウモロコシの NL は発芽後日数と関数関係を示し、作物体エージの指標とされている<sup>4, 5)</sup>。Pd. r. はラッカセイの登熟程度を示すものであり、登熟期における作物体エージの指標とみなされる。したがって、この両者の間

に高い相関関係が認められるのであるが、ラッカセイの登熟期における NAR の変動に対しては、NL をエージの指標とするよりも、Pd.R を指標とした方が良いものと考えられる。

NAR に対する関係の相対的強さは、 $LAI > Pd.R > SLA$  の順を示したが、この結果は、LAI がピークに達する前の、Pd.R が 0.5 以下である登熟前期における関係であり、登熟のより進んだ段階では、NAR に対する Pd.R の支配は一層強くなるものと推定される。

以上の結果から、炭素含有率の高い子実を生産するラッカセイの登熟期における NAR の変動に関係する作物体要因として、LAI, SLA などの形質および Pd.R などによって表わされる登熟程度を考慮することが重要であると判断された。

### 摘 要

マルチ、施肥量、播種期、栽植密度、栽植様式、1 株本数などの 6 種の栽培要因を組み合わせて栽培したラッカセイ個体群を対象に、登熟前期に相当する 8 月 8 日から 8 月 20 日までの期間の NAR を調査し、NAR に及ぼす栽培要因の影響、LAI, SLA, NL, Pd.R などの作物要因と NAR の関係について検討し、次の結果を得た。

1. マルチの有無、播種期の早晚、栽植密度の粗密、1 株本数の相異によって、NAR に有意な差が生じた。
2. NAR は LAI, SLA, Pd.R のそれぞれと有意な負の相関関係を、また、NL と有意な正の相関関係を示した。
3. NAR を従属変数とし、LAI, SLA, NL, Pd.R を説明変数の対象とする重回帰分析の結果から、NAR の変動を最も良く説明する回帰式は、LAI, Pd.R, SLA を取込んだものであり、この回帰式によって NAR の変動の 85% が説明できた。
4. 最良回帰式の標準回帰係数からみて、NAR に対する関係の相対的強さは  $LAI > Pd.R > SLA$  の順であった。
5. 子実の炭素含有率が高く、乾物換算率の低いラッカセイの登熟期の乾物生長に影響する作物体要因

として、Pd.R などによって表わされる登熟程度を考慮することが重要であると判断された。

### 謝 辞

本研究の遂行にあたり、ご指導いただいた前農事試験場吉田 健室長に感謝の意を表する。

### 引用文献

1. 林 健一 1972. 水稻品種の日射エネルギー利用効率に関する研究. 農技研報 **D 23**: 1—67.
2. 林 政衛・高橋芳雄 1958. 落花生の茎葉および子実の時期別収量について. 千葉農試研報 **3**: 19—22.
3. 前田和美 1972. 落花生品種の草型に関する生育解析的研究. 第 7 報 品種の草型と乾物生産特性. 日作紀 **41** (別 1): 29—30.
4. MURATA, Y. 1975. The effect of solar radiation, temperature, and aging on net assimilation rate of crop stands—from the analysis of the “maximal growth rate experiment” of IBP/PP. I. The case of rice plants. Proc. Crop Sci. Soc. Japan **44**: 153—159.
5. ———— 1975. ————. II. The case of maize and soybean plants. *Ibid.* **44**: 160—165.
6. 中沢秋雄・中山兼徳 1967. 関東地方における主要畑夏作物の晩播適応性に関する研究. 農事試験報 **10**: 23—49.
7. 小島陸男 1972. ダイズ品種における光合成能力の向上に関する研究. 農技研報 **D 23**: 97—154.
8. 島野 至・村木 清 1970. 落花生の子実生産に関する解析的研究. 1. 乾物生産の特性. 日作紀 **39** (別 1): 33—34.
9. 田中孝幸 1972. 水稻の光一同化曲線に関する作物学的研究—特に受光態勢制御との関係. 農技研報 **A 19**: 1—100.
10. WATANABE, I. 1975. Transformation factor from carbon dioxide net assimilation to dry weight in crops. I. Soybean. Proc. Crop Sci. Soc. Japan **44**: 68—73.
11. ————. II. Peanut. *Ibid.* **44**: 403—408.
12. WATSON, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Advance in Agronomy **4**: 101—145.

Effects of Leaf Area Index, Specific Leaf Area, Nitrogen Content  
in Leaves and Distribution Ratio of Dry Matter to Pod  
on Net Assimilation Rate of Peanut Plants  
in the First Half of Fruiting Stage

YOSHITAKA ONO

(Okinawa Branch, Tropical Agricultural Research Center,  
Maesato, Ishigaki, Okinawa 907-01)

**Summary**

The author examined effects of leaf area index(LAI), specific leaf area(SLA), nitrogen content in leaves (NL), and distribution ratio of dry matter to pod(PD.R) on net assimilation rate(NAR) in the first half of fruiting stage of peanut plants cultivated under six management factors.

The results obtained were as follows.:

1. NAR was affected significantly by mulching, planting date, planting density and number of plants per hill (Table 3).

2. The correlations of NAR with LAI, SLA and PD.R were significantly negative, respectively. But, the correlation between NAR and NL was significantly positive (Fig. 1, Table 4).

3. LAI, PD.R and SLA were selected as independent variables in the best regression equation for determining NAR that accounted for 85 percent of the variation of NAR (Table 5).

4. By comparison of the standard regression coefficients in the equation, it was recognized that the relation of the variables to NAR become stronger in the order of SLA, PD.R and LAI (Table 6).

5. In carrying out growth analysis of peanut plants in the fruiting stage, it is necessary to remark PD.R as an important factor affecting NAR.