

大豆の窒素固定・化合窒素吸収に対する遮光の影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	田中, 明 藤田, 耕之輔 田中, 裕子
巻/号	51巻4号
掲載ページ	p. 281-284
発行年月	1980年8月

大豆の窒素固定・化合窒素吸収に対する遮光の影響*

田中 明**・藤田耕之輔**・田中裕子**

大豆は根粒により空中窒素を固定するとともに培地の化合窒素を吸収する。大豆が生育する環境条件が窒素固定や化合窒素吸収に影響を与えることは当然であるが、日射量が減少した場合、いずれがより強く影響を受けるかを解明して、日照不足下における大豆の安定多収技術の基礎資料を得るために本実験を行なった。

実験方法

A 62-1 と A 62-2 (根粒着生・非着生アイソジニックライン) を無窒素区および窒素区 (240 kg N/ha 硫酸) に 1977 年 5 月 22 日に 60 cm×20 cm・2 本立となるように播種 (A 62-1 は根粒菌 [J-10] 粉衣種子使用) した。なお、両区均一に 150 kg P₂O₅/ha の過石, 80 kg K₂O/ha の硫加, 27 kg MgO/ha の炭酸苦土石灰を施与した。6 月 21 日 (第 1 葉展開期) に各区をさらに自然光区と遮光区 (透光率約 40% の寒冷紗を地上約 1.5 m に張る) に 2 分した。

自然光区・遮光区ともに 7 月 12 日に開花が始まり、自然光区では 8 月 13 日に、遮光区では 8 月 3 日に開花が終り、9 月 28 日に全区を一斉に収穫した。

生育期間中 A 62-1 については 2 週間間隔で、A 62-2 については約 1 か月間隔で試料を採取し、根部はスコップで約 15 cm の深さに掘り取り、根粒数を数え、葉、茎、根、根粒などに分け、水洗・乾燥・秤量し、粉碎試料について窒素はケルダール法で、糖は 80% 熱エタノール抽出後除蛋白した液について、澱粉はその残渣の 52% 過塩素酸抽出液について、それぞれアンスロン硫酸比色法で定量した。

実験結果

子実収量・窒素集積量

自然光区の子実収量は A 62-2・無窒素区で他区より低く、それ以外の 3 区では大差がなかったが、A 62-2・窒素区で A 62-1・無窒素区よりやや高収であった (第 1 表)。遮光区では A 62-2・無窒素区は他の 3 区より低収であったが、遮光による減収は最も小さく、A 62-2・窒素区は A 62-1 の無窒素・窒素両区より明らかに高収

であった。

窒素集積量は子実収量と平行関係にあった (第 1 図)。

草丈・収量構成要素

収穫期の草丈は遮光区で自然光区より高かった (第 1 表)。自然光区の主茎節数は各区とも約 14 で、遮光区では自然光区より 1~2 節少なく、遮光区は節間の伸長により草丈が高かった。なお、遮光により分枝数は減少した。

莢数は子実収量とほぼ平行関係にあり、一莢粒数は 2.0~2.2 とほぼ一定であり、千粒重は A 62-2 では対応する自然光区と遮光区の間では莢数の少ない遮光区で自然光区より大きい傾向にあり、A 62-1・窒素区では逆の関係にあった。

乾物重

A 62-1・無窒素・自然光区 (標準区) の 8 月 3 日から 9 月 28 日に至る 5 回の採取試料の全植物重、根重、根粒重の平均値は、それぞれ 448, 36, 11 g・m⁻² であった。各採取時について標準区の重量を 100 とした各区の重量の相対値を求め、この相対値の 5 回の平均値を第 2 表に示した。ただし、A 62-2 については 8 月 3 日と 9 月 28 日しか調査を行なわなかったため、これら 2 回についての平均値を示した。

自然光・無窒素区で比較すると、A 62-2 は A 62-1 に比べて、全重は 70% にすぎなかったが、根重は 105% と上回った。

窒素施与によって、A 62-1 では全重がわずかに上昇し、根重は多少減少し、根粒重は著しく減少した。A 62-2 では全重は明瞭に上昇して標準区を上回り、根重はほとんど変化しなかった。

遮光によって各部位とも重量が減少したが、その減少割合は根粒で最も大きく、根がこれにつぎ、全重、いいかえると地上部で最も小さかった。なお、根重の遮光による減少割合は A 62-1 で A 62-2 より大きかった。

根粒数・根粒重

根粒数は窒素施与により著しく減少し、さらに遮光によっても減少した (第 3 表)。平均根粒重も窒素施与や遮光により減少したが、窒素施与による影響の方が遮光の影響より著しかった。

窒素含有率・炭水化物含有率

A 62-2・無窒素区以外は固定窒素または化合窒素によ

* GEP 54-II-2-15

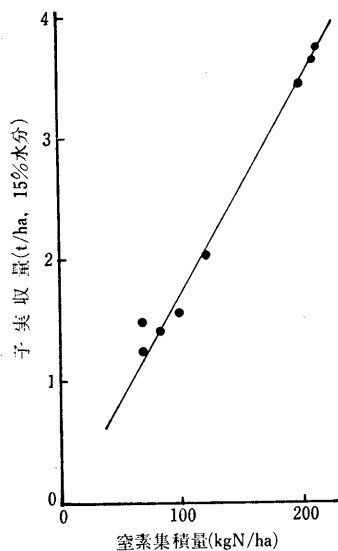
** 北海道大学農学部 (札幌市北区北九条西 9 丁目)

昭和 55 年 5 月 6 日受理

日本土壌肥科学雑誌 第 51 巻 第 4 号 p. 281~284 (1980)

第 1 表 各区の子実収量, 草丈, 収量構成要素

	窒素施与 (kg N/ha)	遮光	系 統	
			A 62-1	A 62-2
子実収量 (t/ha 15%水分)	0	-	3.45	1.49
	240	+	1.40	1.29
		-	3.67	3.76
草 丈 (cm)	0	-	79	81
	240	+	130	129
		-	83	75
莢 数 (個体当り)	0	-	50	30
	240	+	20	22
		-	47	51
千 粒 重 (g)	0	-	172	116
	240	+	175	153
		-	185	175
		+	179	183



第 1 図 窒素集積量と子実収量との関係

って, 窒素不足の状態にはなかった。そこで, 8月3日の無窒素区の A 62-2 と A 62-1 を比較した。この場合前者が窒素不足植物で, 後者は窒素が供給されている植物と考えた。各部位について, A 62-2 は A 62-1 に比べて, また自然光区は遮光区に比べて窒素含有率は低く, 炭水化物(糖+澱粉)含有率は高かった(第 4 表)。ただし, 根では炭水化物含有率の区間差は不明瞭で, A 62-1 については遮光区の方が自然光区より高い傾向にあった。これは自然光区の方が遮光区より開花期間が長かったためとも考えられる。

8月31日の A 62-1 の無窒素区と窒素区とを比較すると, 窒素含有率, 炭水化物含有率ともに両区間には明瞭な差が認められなかった。また, 遮光の影響も単純ではなかった。

第 2 表 各区の全植物重, 根重, 根粒重の A 62-1・無窒素区に対する相対値*

	窒素施与量 (kg N/ha)	遮光	系 統	
			A 62-1	A 62-2
全植物重	0	-	100	70
	240	+	47	53
		-	108	113
根 重	0	-	100	105
	240	+	34	49
		-	94	103
根 粒 重	0	-	100	—
	240	+	26	—
		-	11	—
		+	7	—

* 8月3日, 8月17日, 8月31日, 9月15日, 9月28日のそれぞれの相対値の平均値, 根粒については9月28日の値は含まず。なお, A 62-2 については, 8月3日と9月28日の2回のみ平均値。A 62-1・無窒素・自然光区の5回の絶対値の平均値は全植物重, 根重, 根粒重それぞれ 448, 36, 11 g・m⁻²。

第 3 表 A 62-1 の各区の根粒数, 平均根粒重*

窒素施与量 (kg N/ha)	遮光	根粒数 (個体当り)	平均根粒重 (mg)
0	-	101.6	7.25
	+	29.0	5.32
240	-	16.2	3.86
	+	11.3	3.95

* 8月3日, 8月17日, 8月31日, 9月15日の平均値。

第 4 表 各区の各部位の窒素および炭水化物含有率

試料採取日	3月3日				8月31日			
	A 62-2		A 62-1		A 62-2		A 62-1	
窒素施与量(kgN/ha)	0				240			
遮 光	-	+	-	+	-	+	-	+
窒 素 含 有 率 (%)								
葉	3.65	5.30	4.95	5.75	4.34	3.70	4.31	4.04
莖	1.51	1.60	1.60	1.64	1.45	1.23	1.56	1.38
根*	1.66	1.84	2.00	2.24	1.77	2.07	1.80	2.12
根 粒	—	—	6.38	6.29	6.04	5.44	6.51	5.99
炭 水 化 物 (%)								
葉	8.57	4.40	4.97	3.73	—	—	—	—
莖	6.68	3.57	3.46	2.94	7.06	7.08	7.82	7.74
根*	2.10	2.11	2.04	2.60	2.73	1.95	2.40	3.22
根 粒	—	—	5.30	4.67	4.30	4.14	4.07	4.33

* 8月31日は側根のみ。

第5表 各区の窒素集積量、積算根重および積算根粒重

窒素施与 (kg N/ha)		0		240		
系	統	A 62-1		A 62-2		
遮	光	-	+	-	+	
N集積量 (g N·m ⁻²) (a)						
積算期間 (播種より)	8月3日まで	6.6	3.7	3.6	3.4	—
	8月31日まで	20.0	8.2	6.7	6.7	21.3
	積算根量 (g·day·m ⁻²) (b)					
	8月3日まで	654	338	525*	440*	—
8月31日まで	1826	785	2380*	1150*	2260*	1330*
積算根粒重 (g·day·m ⁻²) (c)						
8月3日まで		75.3	32.7	—	—	—
8月31日まで		409	114	—	—	—

* A 62-2については測定回数が少なかったためA 62-1の対応する区の生長曲線に基づき限られた測定資料から推定。

根の窒素吸収能・根粒の窒素固定能

生育各時期の根重、根粒重から、積算根量および積算根粒量を算出した(第5表)。ただし、A 62-2については試料採取回数が少なかったため、A 62-1の対応する区の生長曲線から生長曲線を類推して推定値を求めた。

A 62-2は窒素固定を行なわないので、ある時点までの窒素吸収量を積算根量で割れば、単位根重当りの窒素吸収速度(窒素吸収能)が算出できるはずである。この方法で算出した値によると、窒素区の自然光区と遮光区の8月31日までの窒素吸収能はそれぞれ9.4、9.0 mg N·g⁻¹·day⁻¹である(第6表)。無窒素区では8月3日の窒素吸収能は約7 mg N·m⁻²·day⁻¹で、8月31日までの窒素吸収能は低下し、その低下は自然光区で著しかった。これは自然光・無窒素区で根量が多く、窒素吸収が早く、土壤中の可給態窒素が早期に枯渇したためであろう。これらの値から根の窒素吸収能は土壤中に可給態窒素が多量に存在している条件では遮光によりやや低下すると判断される。

つぎにA 62-1・無窒素区について、その区の根の窒

第6表 A 62-2の各区の根重当り窒素吸収能 (mg N·g⁻¹·day⁻¹)*

窒素施与量		0		240	
遮	光	-	+	-	+
8月3日まで		6.86	7.71	—	—
8月31日まで		2.81	5.83	9.41	9.00

* 第5表から(a)/(b)として算出。

第7表 A 62-1・無窒素区の根粒重当り窒素固定能 (mg N·g⁻¹·day⁻¹)*

遮 光		-	+
8月3日まで		27.9	33.6
8月31日まで		36.4	31.6
8月3日から31日まで		38.4	30.7

* 第5表の(b)に第6表の対応する区の窒素吸収能を掛けて化合窒素吸収量を推定し、この値を第5表の(a)から差し引いて窒素固定量を算出し、この値を(c)で割って算出。

素吸収能はA 62-2・無窒素区のそれと同じであったと仮定して、それぞれの時点までの自然光区、遮光区のA 62-1・無窒素区の積算根重とそれぞれの区に対応する区のA 62-2の根の窒素吸収能との積として化合窒素吸収量を算出し、この値を窒素集積量から差し引いて、各区の窒素固定量を試算し、この値を、その時点までの積算根粒量で割って、単位根粒重当り窒素固定速度(窒素固定能)を算出したところ、28~36 mg N·g⁻¹·day⁻¹という値が得られた(第7表)。また8月3日から8月31日までの窒素固定量をその期間の積算根粒量で割ると31~38 mg N·g⁻¹·day⁻¹という値が得られた。これらの値から判断すると根粒の窒素固定能は遮光によりほとんど変化しないか、やや低下すると推定される。

以上の試算は、きわめて大胆なものではあるが、遮光処理による窒素集積量の低下は、根の窒素吸収能や根粒の窒素固定能の低下より、根重や根粒重の低下によるところが大きいことを示している。

考 察

A 62-2・無窒素・自然光区では土壌の窒素供給量が、また、A 62-1・遮光区などでは日射量が、それぞれ収量の制限要因であった。しかし、全区を通覧すると、その原因を問わず、窒素集積量の多少が子実収量を支配していたとみることが出来る(第1図)。

遮光により節間が伸長し、分枝数が減少し、莢数が減少するが、その減少は千粒重でかなり補償され、窒素集積能が収量の制限要因となっていると推定される。また、根粒非着生系統であるA 62-2に窒素肥料を十分与えると、化合窒素を大量に吸収し、根粒着生系統であるA 62-1以上の子実収量をあげた¹⁾。すなわち、固定窒素・化合窒素を問わず、窒素集積量が大きければ子実収量が高いと考えてよい。もちろん、この場合、生育に伴う窒素の集積経過が問題となることは当然であるが、この点では論じないことにする。

土壤中に可給態の化合窒素が十分存在しており、これのみで生育したA 62-2・窒素区と土壌中の化合窒素量

は不十分であり、主として固定窒素に依存して生育した A 62-1・無窒素区の 2 区について遮光の影響を比較してみよう。

A 62-2・窒素区では、遮光により根の発育が悪化し、自然光区に対して積算根重は 59% に低下する (第 5 表)。そして、この根の窒素吸収量は自然光区よりやや劣る程度であり、その結果、窒素吸収量は 56% となり、子実収量は 54% となった。すなわち、日射量が低下すると、光合成能が低下し、根の発育が悪化し、それに伴って化合窒素の吸収量が減少し、そのために、生育量が小さくなる。この状態では、植物は小さいなりに各部位の窒素含有率、炭水化物含有率などは自然光区とあまり相違せず、根の窒素吸収能もあまり低下せず、窒素吸収量に対応した子実収量をあげるものと考えられる。

一方、A 62-1・無窒素区では、遮光により根の生育が悪化し、さらに根粒の生育がより強く影響を受け、積算根粒重は自然光区のわずか 28% にすぎなかった。この根粒の窒素固定能は自然光区のそれに著しく劣るわけではないが、何分にも量的に少ないために、根による化合窒素の吸収量を加えても全窒素集積量は自然光区の 41% にすぎず、子実収量は 41% に低下したのである。

すなわち、遮光の影響は、根の発育より、根粒の発育により強く現われるので、化合窒素依存条件下に比べて、固定窒素依存条件下でより顕著に遮光の影響が現われると考えられる。このことは、北海道において低温・寡照年には、固定窒素に依存するより肥料窒素に依存した方が高収が得られる²⁾といわれていることを裏づけている。

つぎに、A 62-1・無窒素区と A 62-2・窒素区とは窒素栄養の状態には大差がなかったため、これら両区を比較することによって、根の発育に対する根粒着生の影響を考えてみよう。全地下部重 (根重+根粒重) で比較すると、自然光区では A 62-1 は 47g (36g+11g)、A 62-2 は 37g で、根粒重の分だけが A 62-1 で大きい (第 2 表参照)。一方、遮光区では A 62-1 は 15.1g (12.2+2.9)、A 62-2 は 18g で、A 62-2 の方が大きく、遮光条件下において根粒着生系統では根粒の生育が負担となって、根の生育がより強く影響を受けると考えられる。

以上の結果を総合すると、日射条件のよい肥料窒素施与量の少ない通常の栽培条件では、根粒が盛んに発育し、根粒重は根重の 40% 近くにも達し、その窒素固定能により、窒素を盛んに集積して、子実を生産するが、この根粒の発育は大豆植物に対してかなりの負担となっていると考えられる³⁾。そして、これに窒素肥料を与えて窒素集積量を増加させようとする、根粒の発育が急速に

減退し、期待した増収は得られず、また日照不足のために光合成が減退すると、根粒の発育がまず犠牲となり窒素固定量が減少して、生育が不良となる。それ故、根粒非着生系統の方が窒素肥料の十分な施与条件下では高収をあげ、また日照不足条件下にも安定した収量をあげると考えられる。

しかし通常の栽培条件下における窒素固定量は大量 (この実験では 133 kg N/ha [200-67 kg N/ha, 第 5 表] と推定される) であり、完全な肥料依存栽培の場合にはこれだけ大量の肥料窒素を供給するための費用と施肥技術が問題であり、さらに、それによって期待される増収量はあまり多くないために、目下のところ農業技術としては非根粒着生系統を用いた多肥栽培が有利であるという結論は下しえない。

要 約

A 62-1 と A 62-2 (根粒着生・非着生アイソジニックライン) を無窒素・窒素施与条件、自然光・遮光条件下に生育させ、各種の調査を行ない、下記の結果を得た。

- 1) 固定窒素・化合窒素を問わず、窒素集積量が多ければそれに正比例して、子実収量は高い。
- 2) 窒素施与により、根粒重は著しく減少し、この減少は主として根粒数の減少による。
- 3) 遮光により、a) 乾物重は減少し、その減少割合は根粒>根>地上部の順であり、b) 根粒数は著しく減少し、平均根粒重はやや減少し、c) 単位根粒重当り窒素固定能および単位根重当り窒素吸収能はわずかに低下するにすぎない。また、根重の遮光による減少は A 62-1 で A 62-2 より顕著である。
- 4) A 62-2・窒素区の収量は A 62-1・無窒素区の子実収量に対して自然光区では 109%、遮光区では 146% であった。

以上の結果から、化合窒素依存条件下における、遮光による根量の減少に伴う、窒素吸収量・子実収量の減少に比べて、固定窒素依存条件下における、遮光による根粒量の減少に伴う窒素固定量・子実収量の減少の方が著しいと結論される。

文 献

- 1) 田中 明・藤山英保ほか：大豆および菜豆の窒素施肥反応，土肥誌，49，406~411 (1978)
- 2) 星 忍・石塚潤爾・仁紫宏保：窒素肥料の追肥が大豆の生育と子実生産に及ぼす影響，北海道農試研報，122，13~54 (1978)
- 3) PATE, J. S.: Functional Biology of Dinitrogen Fixation by Legumes. in A Treatise on Dinitrogen Fixation, Section III: Biology, eds. R. W. F. HARDY and W. S. SILVER, p. 473-517, John Wiley and Sons, Inc. (1977)