

水田転換畑におけるダイズの過湿障害

第3報 尿素の葉面散布による湿害の軽減*

杉本 秀樹・佐藤 亨・西原定照**・成松克史**

(愛媛大学農学部)

平成元年4月27日受理

要 旨 : 本実験は、尿素の葉面散布がダイズの湿害軽減に有効か否かを明らかにするために行ったものである。ポット栽培したダイズ(タマホマレ)を供試し、開花期に湿潤(地下水位5~7cm)、湛水(地上水位2~3cm)ならびに適湿の各区を設け、1%尿素液を葉面散布した。土壌の過湿処理は7日間、葉面散布は14日間それぞれ継続した。

湿潤ならびに湛水区では、散布により葉身の窒素含有率が増加して光合成速度が高まり、乾物生産が増大した。また、莢数と百粒重が増加して子実収量も増大した。特に、湿潤区では散布により、これらは対照区(適湿・無散布)とほぼ同様の値となった。一方、適湿区では散布効果は小さかった。以上の結果、開花期のダイズは地下水位が5~7cm程度の過湿条件におかれても、尿素の葉面散布により障害をほぼ回避でき、また7日間湛水条件におかれたような場合でも、散布により障害がある程度軽減されることが示唆された。

キーワード : 乾物生産, 光合成, 子実収量, 湿害, ダイズ, 窒素固定, 尿素の葉面散布。

Excess Moisture Injury of Soybeans Cultivated in an Upland Field Converted from Paddy III. Foliar application of urea as countermeasure against excess moisture injury: Hideki SUGIMOTO, Tooru SATOU, Sadateru NISHIHARA and Katsushi NARIMATSU (*College of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Matsuyama, Ehime 790, Japan*)

Abstract : The purpose of this experiment was to examine whether the foliar application of urea is effective as a countermeasure against excess moisture injury of soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.]. During the flowering period, soybean plants cultivated in pots were treated with three soil moisture conditions: excess moisture (water table of 5 to 7 cm below the soil surface), flooding (water table of 2 to 3 cm above the soil surface) and control, and a fertilizer solution containing 1% urea was sprayed on the plants. The soil treatments and foliar application continued for 7 and 14 days, respectively.

In the excess moisture and flooding plots, since the nitrogen content increased with the foliar application, photosynthesis was promoted and dry matter production increased. The increase in the number of pods and seed weight by the application brought about an increase in seed yield in these plots. In the excess moisture plot with application, these values were nearly the same as these of control plot. In the control plot, the foliar application was not so effective as in the other plots. As a result, soybean plants could escape the damage by the foliar application of urea during the flowering period even under conditions of excess moisture with the water table of 5 to 7 cm below the soil surface. Also, even under 7-day flooding conditions, the damage was reduced to some extent by the application.

Key words : Dry matter production, Excess moisture injury, Foliar application of urea, Nitrogen fixation, Photosynthesis, Seed yield, Soybean.

一般に、無機養分の葉面散布は土壌施用に較べてきわめて少量で、しかも速やかに効果をあらわす。尿素の葉面散布は水稻の秋落ちや桑の凍霜害対策として⁷⁾、あるいはムギ^{3,4,12)}やナタネ³⁾の湿害対策として効果があることが報告されている。

さて、ダイズは根圏が過湿条件になると、窒素の吸収阻害が著しく、生育の遅延ならびに子実収量の低下をきたすことを第1, 2報^{8,9)}で報告した。これらは、根による窒素吸収ならびに根粒による窒素固定の減少に起因するものであるが、それらを補う目的で尿素の葉面散布を行い、これがダイズの湿害軽

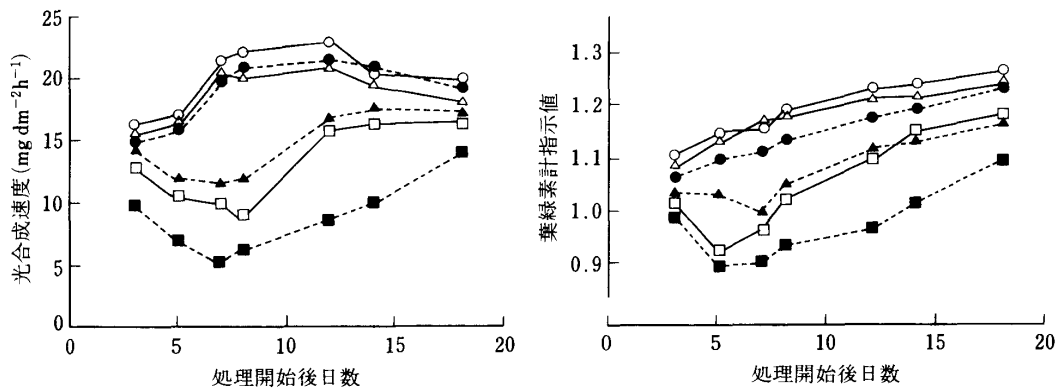
減の一手段として有効か否かを確かめるために、本実験を実施した。

材料と方法

水田土壌を充填したポット(径20cm, 深さ21cm)に、1988年7月25日にダイズ品種タマホマレの種子を5粒播種し、第1本葉展開後に間引を行い、ポット当り1本仕立てとした。これらを地下水位が5~7cmとなるようにポットを水槽につけた湿潤区、地上水位が2~3cmとなるようにした湛水区ならびに適湿区に分け、各区のポットの半数に1%尿素液を葉面散布した。土壌の過湿処理ならびに葉面散布は開花始めである8月26日から開始し、前者は7日間、後者は14日間継続した。ただし、9月3日と4

* 大要は第187回講演会(平成元年4月)で発表。

** 現在:愛媛県庁。



第1図 光合成速度および葉緑素含有量に及ぼす尿素の葉面散布の影響。

●: 適湿・無散布区(C), ○: 適湿・散布区(CU), ▲: 湿潤・無散布区(W),
 △: 湿潤・散布区(WU), ■: 湛水・無散布区(F), □: 湛水・散布区(FU).
 光合成速度は携帯用光合成・蒸散測定装置(小糸工業, KIP8510)で,
 葉緑素含有量は葉緑素計(富士フィルム, GM-1)で測定。

日は降雨のために葉面散布は中止した。散布は噴霧器で行い、散布時刻は17:30~19:30, 1回の散布量は個体当たり約10 mLであった。

処理区は適湿・無散布区, 適湿・散布区, 湿潤・無散布区, 湿潤・散布区, 湛水・無散布区および湛水・散布区の計6区で, 以下それぞれをC区, CU区, W区, WU区, F区およびFU区と略記する。

携帯用光合成・蒸散測定装置(小糸工業, KIP-8510)を用いて, 個葉の光合成速度を測定した。測定ヘッド(同化箱)は葉身の片面測定用を使用して, 完全展開した上位葉裏面の光合成速度を測定した。測定は飽和光強度($1,000 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$)以上のときに行い, 葉身の表面へ太陽光が法線角で当たるようにした。測定時刻は10:00~12:00, 同化箱内の気温は31~35°Cであった。なお, 葉身表面の光合成速度は裏面の約50%であった。光合成速度を測定した葉身について, 葉緑素計(富士フィルム社, GM-1)で葉緑素含有量を測定した。

窒素固定能の測定をアセチレン還元法により行った。すなわち, 土壌を水で洗い落としした根系を10%アセチレンと90%空気を含む約2 Lのデシケーター内で, 30°Cで反応させ, 30分後と60分後に発生したエチレンをガスクロマトグラフィーで定量し, 窒素固定能とした。

作物体を器官別に分別した後, 85°Cで48時間以上乾燥して乾物重を求めた。全窒素の分析は, ケルダール法で行った。収穫は11月11日に行い, 収量構成要素の調査をした。

光合成, 葉緑素含有量の調査は8反復, 乾物重, 窒素含有率および窒素固定能の調査は3反復, また

子実収量の調査は各区5個体について行った。

結 果

1. 光合成速度および葉緑素含有量

光合成速度および葉緑素含有量の推移を第1図に掲げた。適湿区では, 光合成速度は散布により高まったが, その効果は小さかった。一方, 湿潤ならびに湛水区では, 光合成速度は散布により顕著に高まった。すなわち, W区では処理最終日にはC区の58%まで低下したが, WU区ではC区とほとんど同様の推移を示し, 過湿処理の影響は認められなかった。また, F区でも処理最終日になるとC区の25%まで低下したが, FU区では光合成速度の低下は軽減され, 処理終了後の回復も早まった。

葉緑素含有量は, いずれの土壌水分条件下においても散布によって高くなった。なかでも, WU区はC区よりもむしろ高くなった。湛水区では葉緑素含有量は著しく減少したが, 処理終了後は散布によってその回復が促進された。

2. 乾物重, 葉面積および生育パラメーター

第1表でみられるように, 処理開始後7日目では, 乾物重および葉面積に対する散布効果はいずれの土壌水分条件下ともほとんどみられなかった。しかし, 14日目になるとその効果がみられ, なかでも湛水区で著しかった。

生育パラメーターを第2表に掲げた。各土壌水分条件下とも散布によりRGR(相対生長率)とNAR(純同化率)は増加したが, LAR(葉面積比)はほとんど変わらなかった。これより, 散布によるRGRの増加は, NARの増加によってもたらされたことがわ

第1表 個体当り乾物重、葉面積および窒素集積量に及ぼす尿素の葉面散布の影響。

処理区	処理開始後7日目			処理開始後14日目		
	乾物重 (g)	葉面積 (m ²)	窒素集積量 (mg)	乾物重 (g)	葉面積 (m ²)	窒素集積量 (mg)
C	15.04	1.89	324	26.92	2.40	783
CU	14.97 (100)	1.79 (95)	477 (147)	32.62 (121)	2.73 (114)	995 (127)
W	14.83	1.76	279	25.16	2.38	609
WU	15.06 (102)	1.96 (111)	368 (132)	29.75 (118)	2.65 (111)	823 (135)
F	12.90	1.44	180	15.22	1.26	275
FU	13.50 (105)	1.44 (100)	311 (173)	23.23 (153)	2.07 (164)	613 (223)

カッコ内の数値はC, W, Fそれぞれの無散布区に対する割合(%)。処理区の符号は第1図と同じ。

第2表 生長関数に及ぼす尿素の葉面散布の影響。

処理区	処理開始後1~7日			処理開始後8~14日		
	RGR	NAR	LAR	RGR	NAR	LAR
C	7.36	5.56	13.25	8.32	8.19	10.14
CU	7.26	5.37	13.52	11.14	11.22	9.92
W	7.13	5.37	13.29	7.55	7.26	10.39
WU	7.35	5.49	13.39	9.73	9.71	10.01
F	5.14	3.89	13.23	2.36	2.30	10.29
FU	5.79	4.49	12.89	7.75	7.96	9.74

RGR: % day⁻¹, NAR: g m⁻² day⁻¹, LAR: m² kg⁻¹. 処理区の符号は第1図と同じ。

かる。

3. 窒素含有率および窒素集積量

第2図で示したように、窒素含有率に対する散布効果は適湿、湿潤、湛水区の順に大きくなった。散布の影響は地上部で大きく、地下部で小さく、なかでも根粒の窒素含有率は過湿処理および散布によってもほとんど影響されなかった。

第1表にみられるように、窒素集積量はいずれの土壤水分条件下でも散布により増加し、特に湛水区でその増加は著しかった。WU区における窒素含有率ならびに窒素集積量は、C区のそれと同様か、むしろ大となった。

4. 窒素固定能

第3図には窒素固定能ならびに根粒重を掲げた。適湿および湿潤区においては、根粒比活性(単位根粒重当りの窒素固定能)には散布の影響はほとんどみられず、根粒重が減少したために個体当りの窒素固定能は散布によってむしろ低下した。一方、湛水区においては処理開始後7日目では根粒重および根粒比活性は激減した。しかし、処理が終るとこれらは回復し、散布によりそれはいっそう促進された。その結果、個体当りの窒素固定能も散布区で増大した。

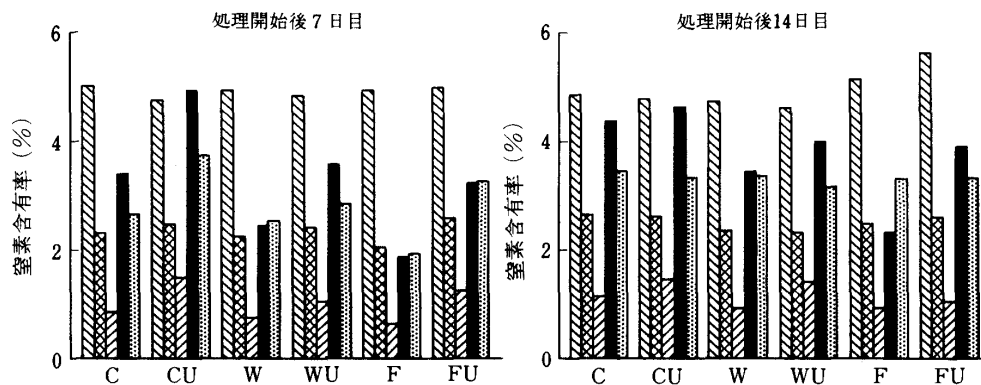
5. 子実収量および収量構成要素

子実収量および収量構成要素を第3表に掲げた。湿潤ならびに湛水区においては散布、無散布間に子実収量に有意な差が認められた。散布による増収は莢数と百粒重の増加によってもたらされた。WU区の子実収量はC区のそれとほぼ同様の値となった。

考 察

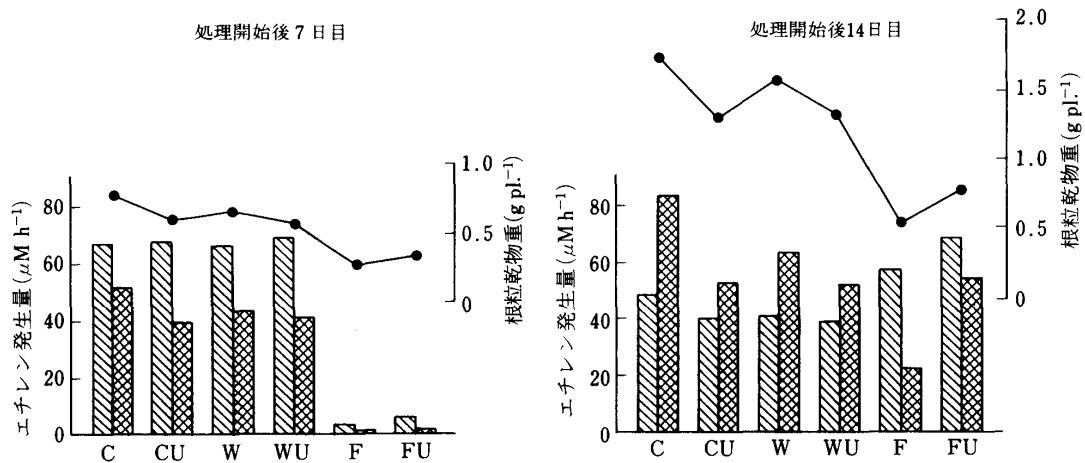
葉面散布に際して最も懸念されるのは濃度障害であるが、本実験においては、散布開始後数日して一部の葉身でその周縁部が部分的に褐変した以外には濃度障害は特に認められなかった。Vasilasら¹⁴⁾は登熟期におけるダイズに尿素を含む散布液を夕方散布した場合には葉焼けがみられなかったが、午前中散布した場合には葉焼けがみられたとしている。また、Volkら¹⁵⁾がタバコに尿素の葉面散布をしたとき、昼間より夜間の散布の方が3~10倍の効果があつたとしている。本実験で、1%尿素液を降雨のあつた9月3日、4日を除いて散布を14日間継続したにもかかわらず、濃度障害が極めて軽微ですんだのは、涼しくなつた夕方に散布したことも一因と思われる。

光合成速度に対する散布効果について考察したい。散布された尿素は比較的速やかに吸収され、そ



第2図 器官別窒素含有率に及ぼす尿素的葉面散布の影響。

〰️: 根粒, 〰️: 根, 〰️: 茎+葉柄, 〰️: 葉身, 〰️: 莢実。
 処理区の符号は第1図と同じ。



第3図 窒素固定能および根粒重に及ぼす尿素的葉面散布の影響。

●: 根粒乾物重, 〰️: 根粒乾物重1g当り発生量, 〰️: 個体当り発生量。
 処理区の符号は第1図と同じ。

の効果があらわれることが知られている。野口ら⁶⁾はタバコにおいて、0.1モルの尿素液を散布したところ2~3日後には葉色が濃くなり、葉緑素の増加を認めた。本実験においても、いずれの土壤水分条件下とも散布開始3日後には葉緑素含有量は高まり、光合成速度も同時に高まった。光合成速度と葉緑素含有量の推移はよく一致し、両者には第4図にみられるとおりの高い正の相関関係が認められた。散布による窒素含有率の増加は、葉緑素含有量を引き上げ、その結果光合成速度が高まったものと考えられる。

また、WU区における光合成速度と葉緑素含有量がC区とほとんど同様の推移を示したことから、地下水位が5~7cm程度の過湿条件下では、尿素的葉面散布によってこれらの低下を防ぐことが可能であ

ることが示唆された。

尿素的葉面散布によって高まった光合成速度が乾物生産にどのように影響するかを検討してみよう。第2表でみたように、散布によるRGRの増加はNARの増加によってもたらされた。本実験条件においては、NARの増加は光合成速度の増加によるものと考えられる。したがって、尿素的葉面散布によるRGRの増加は光合成速度の増加に起因するものと考えられる。これより、尿素的葉面散布は窒素含有率を増加させて光合成速度を高め、その結果乾物生産の増大に結びついたことがわかる。

次に、尿素的葉面散布により地上部の窒素含有率が高まったが、これが地下部の窒素固定能にどのように影響したか考察したい。一般に、窒素肥料を施したとき、根粒の着生・発育が抑えられることが知

第3表 子実収量および収量構成要素に及ぼす尿素の葉面散布の影響。

処理区	莢数 (pl. ⁻¹)	一莢粒数 (pod ⁻¹)	百粒重 (g)	子実収量 (g pl. ⁻¹)
C	63.25	1.80	25.66	29.21
CU	62.80	1.80	26.48	29.93 (102)
W	60.00	1.71	25.58	26.25
WU	62.80	1.74	26.58	29.04 (111)
F	41.25	1.83	27.13	20.48
FU	43.50	1.90	28.00	23.14 (113)
LSD (0.05)	2.20	0.09	0.80	0.86

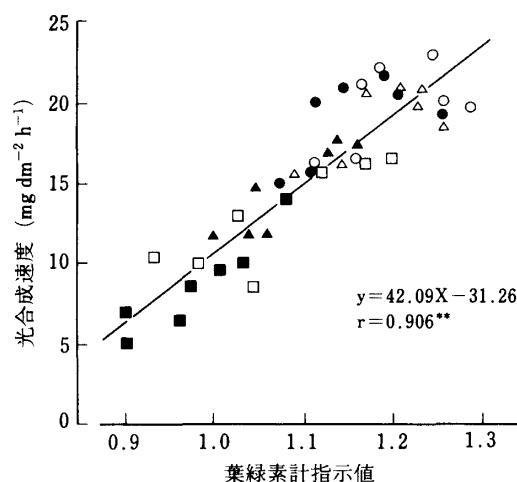
注) カッコ内の数値はC, W, Fそれぞれの無散布区に対する割合(%). 処理区の符号は第1図と同じ。

られている^{2,17)}。中野ら⁵⁾は開花期に、田淵ら¹⁰⁾は子実肥大初期にそれぞれ窒素追肥したとき、個体当りの窒素固定能が低下したことを認め、その原因は根粒比活性の低下よりも根粒重の減少にあるとしている。本実験においても、適湿ならびに湿潤区では、散布により個体当りの窒素固定能が低下したが、これは上記の場合と同様に根粒比活性の低下によるものではなく、根粒重の減少によってもたらされたものである。

一方、湛水区においては、処理終了後に個体当りの窒素固定能は散布により増加したが、これは根粒比活性ならびに根粒重が増加した結果であり、湛水のような極端に劣悪な条件におかれた後は、尿素の葉面散布によって根粒重ならびに根粒比活性の回復が促進されることが明らかとなった。

最後に、子実収量に及ぼす影響について考察したい。渡辺ら¹⁶⁾は開花期の窒素追肥が莢数と百粒重を増加させることにより、また田淵ら¹⁴⁾は登熟期の窒素追肥が光合成を高め、莢数を増加させることにより、それぞれ増収することを示した。本実験においても湿潤ならびに湛水区では尿素の葉面散布により莢数と百粒重が増大して増収につながった。なお、この場合の散布による莢数ならびに百粒重の増加は、光合成速度の上昇による乾物生産の増大によってもたらされたものと推察される。

一方、Garciaら¹¹⁾によると、登熟期のダイズに窒素成分(尿素)だけの葉面散布を行った場合、子実収量は有意に増加せず、散布液の構成成分の割合がダイズ子実のそれにちかいたとき(窒素:リン:カリウム:イオウ=10:1:3:0.5)に最も増収効果があったとしている。一般に、ダイズは窒素の施肥効果が低いとされている¹³⁾。事実、適湿区では窒素を葉面から施しても効果がみられなかった。しかしながら、根による窒素吸収や根粒による窒素固定が過湿のために制約されるような条件下では、窒素成分だ



第4図 葉緑素含有量と光合成速度との関係。
** : 1%水準で有意。図中の符号は第1図と同じ。

けの散布でも増収効果があることが認められた。

以上のように、開花期のダイズは、地下水位が5~7cm程度の過湿条件におかれても尿素の葉面散布により障害をほぼ回避できた。また、この時期に7日間湛水条件におかれたような場合でも、散布により障害が軽減されることが示唆された。しかしながら、本実験は14日間にわたる連日散布であるので、実用的技術として完成するためには最少散布回数、最適散布時期、農薬との混用の可否、さらに登熟期の湿害に対する散布効果などについても逐次検討を加えていかねばならない。これらについては、現在計画内である。

引用文献

1. Garcia, L.R. and J.J. Hanway 1976. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. *Agron. J.* 68: 653-657.
2. Hashimoto, K. 1976. The significance of nitrogen nutrition to the seed yield and its relating characters of soybeans. - With special reference to cool

- summer injury— Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn. 114:1-87.
3. 堀田 良・遠間 昂・藤塚昭吾・今井悌三 1956. 冬作物の湿害に対する肥料の葉面散布に関する研究. 第1報 尿素葉面散布による大麦及び菜種の湿害防止軽減効果. 新潟県農業試験場研究報告 7: 20-25.
 4. 池田利良・東 駿次・川出武夫 1957. 湿害を受けた麦に対する尿素葉面噴霧の効果. 東海近畿試験場報告・栽培部 4: 38-47.
 5. 中野 寛・田淵公清・渡辺 巖 1981. 追肥窒素が大豆の根粒着生と窒素固定に及ぼす影響. 日作紀 50(別1): 151-152.
 6. 野口彌吉・菅原友太 1952. 葉面散布による尿素的の吸収同化. 科学 22: 386-390.
 7. 菅原友太 1953. 葉面散布に関する最近の諸問題. 農及園 28: 925-930.
 8. 杉本秀樹・雨宮 昭・佐藤 亨・竹之内 篤 1988. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害. 第1報 土壤の過湿処理が乾物生産と子実収量に及ぼす影響. 日作紀 57: 71-76.
 9. ———— 1988. ————. 第2報 土壤の過湿処理が出液, 気孔開度ならびに無機成分の吸収に及ぼす影響. 日作紀 57: 77-82.
 10. 田淵公清・渡辺 巖・中野 寛 1982. 窒素追肥がダイズの個体光合成と窒素固定におよぼす影響. 日作紀 51(別1): 45-46.
 11. ———— 1982. 登熟期の窒素追肥がダイズの個葉の光合成速度と乾物生産におよぼす影響. 日作紀 51(別2): 109-110.
 12. 田村 猛・船戸忠寿 1952. 低湿水田麦に対する尿素葉面散布の効果. 農及園 27: 1236.
 13. 田中 明・藤山英保・森谷和仁・E.I.Oka 1978. 大豆および菜豆の窒素肥料反応. 土肥誌 49: 406-411.
 14. Vasilas, B.L., J.O. Legg and D.C. Wolf 1980. Foliar fertilization of soybeans: Absorption and translocation of ^{15}N -labeled urea. Agron. J. 72: 271-275.
 15. Volk, R. and C. McAuliffe 1954. Factors affecting the foliar absorption of N^{15} labeled urea by tobacco. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18: 308-312.
 16. 渡辺 巖・中野 寛・田淵公清 1983. 大豆の窒素追肥技術. 第1報 登熟初期の追肥が収量, 収量構成要素および子実の蛋白含有率におよぼす影響. 日作紀 52: 291-298.
 17. Weber, C.R. 1966. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. Agron. J. 58: 46-49.