根粒超着生ダイズ品種作系 4 号の宮城県における生育・収量 —緩効性肥料の効果—

前川富也・国分牧衛
(東北大学大学院農学研究科)

要旨：根粒超着生ダイズ品種作系 4 号は、窒素固定能と葉面当り光合成能が高いことから多収のポテンシャルを持つと期待される。本品種の宮城県内における収量性を窒素の肥効パターンの影響の面から検討するため、年次と場所の異なる 3 つの圃場試験（試験 1～3）を行った。供試品種は作系 4 号のほか、親品種エンレイおよび根粒非着生系統 En1282 を用い、肥料は速効性肥料（尿素）と緩効性肥料（LP-70 あるいは LP-100）を用いた。3 種類の肥料効果を比較した試験 1（2001 年、仙台）では、作系 4 号とエンレイの収量は LP-100 > LP-70 ≒ 尿素であったのに対し、En1282 では尿素 > LP-70 > LP-100 であった。尿素と LP-100 を用いた試験 2（2002 年、仙台）、試験 3（2002 年、鳴子）の結果では、開花期、子実肥大期における地上部乾物重は LP-100 区が尿素区を上回る傾向がみられ、この傾向は作系 4 号において顕著であった。作系 4 号の LP-100 による乾物重増加は、葉面積指数の増加に依存していた。試験 2、3 の収量は作系 4 号では LP-100 区が尿素区を上回ったが、エンレイと En1282 では肥料の種類の効果はみられなかった。供試した 3 品種・系統の収量は、エンレイ > 作系 4 号 > En1282 の傾向がみられ、開花期と子実肥大期の乾物重の差を反映していた。以上のように、作系 4 号に対する緩効性肥料による増収効果はある程度認められるが、さらに多収を目指すには、生育前半の生育量を増大させる他の栽培手段が必要である。

キーワード：緩効性肥料、根粒超着生、ダイズ、窒素施肥、宮城県。

ダイズはタンパク質を多量に含む作物として、また最近では様々な機能性成分を含む作物として注目を集めている (Fukushima 2000)。長い栽培の歴史を持つ日本やアジアだけではなく、油料作物としての換金性、食品としての機能性の高さから、今後世界的に需要が一層増加すると予測される。このようなダイズの需要増加に対応するために、ダイズ単収の向上が求められている (国分 2001)。

ダイズはイネ科作物のイネ、コムギよりも単収が低く、窒素要求量が高い作物として知られている。これはダイズがイネ科作物より高タンパク質・高脂質の種子を生産すること (Sinclair and de Wit 1975) や光合成に対する窒素利用効率が低いこと (Sinclair and Horie 1989) など、ダイズが持つ生理的な特徴によるものである。ダイズは根に根粒菌を共生させ空气中的窒素を固定できることも大きな特徴である。ダイズの収量と体内窒素量には正の相関関係があるため、ダイズの多収化には窒素吸収量の増加が必須である。しかし、イネ科植物のように窒素施肥による窒素吸収量の増加は困難である。なぜなら、ダイズは窒素施肥により土壌中の硝酸濃度が増加すると根粒の窒素固定能が阻害され、結果的に全窒素吸収量は増加しにくい特性があるためである (Harper 1987)。

ダイズの窒素固定能を維持し全窒素吸収量を高める栽培技術として、窒素の追肥や施肥位置の工夫 (中野ら 1987, 1989)、緩効性肥料を用いた深層施肥法 (Takahashi ら 1991, 高橋ら 1995) および培土時に緩効性肥料を追肥する方法 (荒垣・藤井 1991) などが試みられ、窒素吸収量の増加や子実収量の向上に対する効果が認められている。

一方、ダイズの遺伝的な窒素固定能を高めることにより全窒素吸収量・収量を改善する方法も試みられている。その 1 つとして、多量に根粒を着生させることによって窒素固定能を高めた根粒超着生系統の活用が期待される (国分 2001)。これまでにいくつかの根粒超着生系統が作出されてきた (Carroll ら 1985a, 1985b, Gremaud and Harper 1989, Akao and Kouchi 1992) が、いずれも生育が著しく劣り実用に耐えうるものがなかった (Herridge and Rose 2000, 国分 2001)。最近日本で育成された作系 4 号は世界で初の根粒超着生品種であり、その特性解明と特性を活かした栽培技術の開発が期待されている (高橋ら 2003a, Takahashi ら 2003b)。作系 4 号の収量性は、関東地方においては親品種のエンレイを上回る場合があることが報告されており (Takahashi ら 2003b)、他の地域での検討が望まれる。

筆者らはこれまで、作系 4 号の窒素肥料の施用量に対する光合成・生育反応を解析し、作系 4 号は窒素施用量にかかわらず葉内窒素含量が高く、光合成能が高いことを明らかにした (Maekawa ら 2003)。また、生育初期の生育量が原品種エンレイよりも劣っていることを確認している (Maekawa ら 2003, Matsunami ら 2004)。

本研究では、窒素肥料の種類（速効性、緩効性）が異なる場合の作系 4 号の生育・収量反応を、親品種エンレイおよび根粒非着生種 En1282 と比較解析し、その結果から宮城県内における本品種の多収栽培法について考察した。

材料と方法

2001 年および 2002 年の 2 年間に、2 つの場所（仙台、

鳴子)で3つの実験(試験1~3)を行った。基本的な栽培条件を第1表に示した。

1. 材 料

根粒超着生品種作系4号と親品種エンレイ、根粒非着生系統En1282の3品種・系統を用いた。作系4号はエンレイの突然変異種「En6500」にエンレイを戻し交雑し、その後系統選抜した品種である(高橋ら2003a)。また、選抜の過程でタマホマレが自然交雑したことが推定されている(山本ら2004)。En1282は、エンレイ由来の根粒を着生しない突然変異系統である(農業生物資源研究所)。

2. 試験1(仙台, 2001年)

3品種・系統を東北大学農学研究科の試験圃場(黄色土)に5月25日、栽植密度 0.7×0.15 mで播種した。1株2粒を播種し、出芽後間引いて1株1本とした。N, P_2O_5 , K_2O を成分で3, 10, 10 g m^{-2} で施肥した。窒素肥料は、速効性肥料として尿素、緩効性肥料としてLP-70とLP-100を用い、 P_2O_5 , K_2O は過燐酸石灰と塩化カリウムで施肥した。肥料は畦に沿って条播し、間土の直上部に播種した。品種・系統、3施肥区の組み合わせで1区制とした。試験区の大きさは、エンレイと作系4号は 7.5×2.1 m, En1282は 3.8×2.1 mとした。

開花期(R2, Fehrら1971)と莢伸長期(R4)に5個体、成熟期(R8)に10個体を選び、子葉節で切断し地上部をサンプルした。開花期と莢伸長期のサンプルは中庸な個体の葉面積を測定した後、各器官(葉、葉柄と茎、根、根粒)毎に分け、 80°C で2日間以上乾燥させ乾物重を測定した。

第1表 試験1~3の栽培条件, 生育時期およびサンプリング日。

	試験1	試験2	試験3
年	2001	2002	2002
場所	仙台	仙台	鳴子
播種日(月/日)	5/25	5/30	6/4
反復	1	3	3
施肥	尿素, LP-70, LP-100	尿素, LP-100	尿素, LP-100
施肥量	g m^{-2}		
N	3	2	2
P_2O_5	10	10	10
K_2O	10	10	10
開花期	7/23-7/25	7/31	7/31-8/9
サンプル時期		月/日	
R1-2	7/28-8/1	8/10	8/9
R4	8/24-8/29	---	---
R5	---	9/16	9/9
R8	10/27-11/12	10/24-10/29	10/19-11/6

単位面積当たり葉面積は葉面積測定個体と他の個体との乾物重の比を用いて算出した。成熟期のサンプルについては、各部位の乾物重の他に、莢数、粒数および粒重を測定した。

3. 試験2(仙台, 2002年)

試験1と同様に農学研究科の圃場にN, P_2O_5 , K_2O を成分で2, 10, 10 g m^{-2} を施肥した。5月30日に1株2粒ずつ播種し、栽植密度は 0.7×0.15 mとし、出芽後間引いて1株1本とした。窒素肥料は速効性肥料として尿素、緩効性肥料としてLP-100を用い、 P_2O_5 , K_2O は、試験1と同様の肥料を用いた。3品種・系統、2種類の肥料形態を組み合わせ3反復の計18区設けた。

開花期(R2), 子実肥大期(R5), 成熟期(R8)にそれぞれ連続10個体の地上部をサンプルした。葉面積, 乾物重および収量・収量構成要素の測定は、試験1と同様である。

4. 試験3(鳴子, 2002年)

試験2の農学研究科圃場と同じ試験を、農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センターの試験圃場(鳴子町, 黒ボク土)で実施した。6月4日に1株2粒を 0.7×0.15 mで播種し、出芽後間引いて1株1本とした。生育初期には除草剤を用いた。

開花期(R1), 子実肥大期(R5), 成熟期(R8)にそれぞれ連続10個体の地上部をサンプルした。乾物重, 葉面積および収量・収量構成要素は、試験1, 試験2と同様の方法を用い測定した。

試験1~試験3を通じ、中耕・培土を行い、病害虫防除は適時実施した。いずれの圃場も過去にダイズを栽培した経歴のある土壌であるため、根粒菌の接種はしなかった。仙台および鳴子の気象データは気象庁の電子閲覧室から入手した。生育・収量関連形質については、試験毎に分散分析を行い、肥料の種類間あるいは品種・系統間の差の有意性を検定した。

結 果

1. 試験1(仙台, 2001年)

試験1は、3つの品種・系統が、緩効性肥料(LP-70, LP-100)および速効性肥料(尿素)に対してどのように反応するかを明らかにするために行った。開花期と莢伸長期の乾物重は、エンレイでは肥料の種類による差が不明瞭であったが、作系4号では尿素, En1282ではLP-100で大きい傾向があった。収量は根粒着生の有無によって対照的な結果を示し、作系4号とエンレイではLP-100 > LP-70 $\approx$ 尿素であったのに対し、En1282では尿素 > LP-70 > LP-100であった(第2表)。

エンレイの乾物重は他の2品種・系統よりもかなり大きく、作系4号とEn1282の比較ではEn1282がやや大きい傾向がみられた。収量はエンレイ > 作系4号 > En1282で

第2表 窒素肥料の種類が根粒着生程度の異なるダイズ品種・系統の地上部乾物重と収量に及ぼす影響 (試験1, 2001・仙台).

窒素肥料	品種・系統		
	エンレイ	作系4号	En1282
	g plant ⁻¹		
地上部乾物重 (R1)			
尿素	59.8 ± 3.1	31.5 ± 2.0	39.8 ± 5.7
LP-70	58.8 ± 4.7	24.0 ± 2.6	39.0 ± 1.9
LP-100	59.6 ± 5.1	27.8 ± 3.2	48.4 ± 4.4
地上部乾物重 (R4)			
尿素	123.1 ± 19.2	76.7 ± 13.2	82.6 ± 12.3
LP-70	113.5 ± 10.1	72.7 ± 9.3	76.6 ± 6.7
LP-100	146.5 ± 16.6	68.6 ± 11.3	94.8 ± 10.3
収量			
尿素	50.9 ± 6.8	40.4 ± 4.3	34.0 ± 2.6
LP-70	51.2 ± 3.8	40.0 ± 4.6	22.6 ± 0.9
LP-100	57.9 ± 4.4	42.5 ± 4.6	15.3 ± 1.4

平均値 ± 標準誤差 (n=5, 10).

あった(第2表). 緩効性肥料のLP-70とLP-100を比べると, エンレイと作系4号においてLP-100区でもっとも多収であった. そのため, 試験2, 3では緩効性肥料はLP-100のみを用いた.

2. 試験2 (仙台, 2002年)

開花期および子実肥大期の地上部乾物重は, 窒素肥料の種類による変動は有意ではないものの, いずれの品種・系統においても, LP-100区が尿素区を上回る傾向があった(第

3表). この傾向は作系4号においてエンレイ, En1282より明瞭であった. 作系4号の葉面積指数(LAI)および純同化率(NAR)はLP-100区で高かったことから, LP-100による乾物重の増加はLAIおよびNARの両者に依存していたと判断される. 開花期から子実肥大期に至る期間の個体群成長速度(CGR)は, どの品種・系統においてもLP-100区が尿素区を上回っていた. 収量は, 作系4号では有意ではないものの, LP100 > 尿素的傾向が認められたのに対し, エンレイとEn1282では肥料の種類効果は明瞭ではなかった(第4表). LP-100による作系4号の収量増加は, 莢数ひいては精粒数の増加に依存しており, 百粒重の寄与は認められなかった.

試験2において, エンレイの乾物重, LAI, 収量, 茎重はすべて作系4号より有意に高かった(第3, 4表). 作系4号では開花期のLAIが小さいことが開花期〜子実肥大期のCGRおよび地上部乾物重の小さい要因であった. 百粒重はエンレイが他の2品種・系統よりもLP-100区で有意に上回った. 作系4号の粒茎比は他の2品種・系統よりも高い傾向がみられた(第4表).

3. 試験3 (鳴子, 2002年)

作系4号の乾物重やLAIは試験2と同様, LP-100区が尿素区を上回る傾向がみられたが, エンレイ, En1282には一定の傾向がみられなかった(第5表). 作系4号ではLP-100区で収量が増加したのに対して, En1282では減少の傾向が認められた. 百粒重, 莢数, 精粒数には肥料の影響がなかった(第6表).

エンレイの乾物重, LAI, CGR, 収量, 茎重, 莢数, 精粒数は他の2品種・系統よりも有意に大きかった. 作系4

第3表 窒素肥料の種類が根粒着生程度の異なるダイズ品種・系統の地上部乾物重および成長パラメーターに及ぼす影響(試験2, 2002・仙台).

窒素肥料	品種・系統			窒素肥料	品種・系統		
	エンレイ	作系4号	En1282		エンレイ	作系4号	En1282
地上部乾物重 (R2, g m ⁻²)				LAI (R2, m ² m ⁻²)			
尿素	270 a	81 b	193 ab	尿素	4.9 a	1.1 c	2.6 b
LP-100	298 a	93 c	192 b	LP-100	4.8 a	1.3 c	3.6 b
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns
地上部乾物重 (R5, g m ⁻²)				LAI (R5, m ² m ⁻²)			
尿素	875 a	275 b	668 ab	尿素	5.4 a	2.0 b	4.7 ab
LP-100	964 a	357 b	713 ab	LP-100	6.9 a	3.4 b	4.3 b
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	*	ns
NAR (R2-5, g m ⁻² d ⁻¹)				CGR (R2-R5, g m ⁻² d ⁻¹)			
尿素	3.3 a	5.0 a	5.1 a	尿素	16.4 a	5.3 b	12.8 ab
LP-100	3.8 a	5.6 a	4.1 a	LP-100	18.1 a	7.1 b	14.1 ab
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns

*は肥料間に5%水準で有意差があること, nsは有意差がないことを示す.

同一肥料区内における同一記号は, 品種間に5%水準で有意差がないことを示す.

第4表 窒素肥料の種類が根粒着生程度の異なるダイズ品種・系統の収量および収量構成要素に及ぼす影響(試験2, 2002・仙台).

窒素肥料	品種・系統			窒素肥料	品種・系統		
	エンレイ	作系4号	En1282		エンレイ	作系4号	En1282
収量 (g m^{-2})				茎重 (g m^{-2})			
尿素	529 a	261 c	388 b	尿素	203 a	75 c	135 b
LP-100	532 a	313 a	370 a	LP-100	204 a	83 b	157 a
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns
莢数 (m^{-2})				精粒数 (m^{-2})			
尿素	915 a	478 b	772 a	尿素	1598 a	813 b	1334 a
LP-100	888 a	632 a	819 a	LP-100	1532 a	1088 a	1447 a
肥料間差	ns	*	ns	肥料間差	ns	*	ns
100粒重 (g)				粒茎比			
尿素	33.4 a	31.9 a	29.1 a	尿素	2.61 a	3.53 a	2.96 a
LP-100	35.0 a	28.8 ab	25.2 b	LP-100	2.62 ab	3.79 a	2.35 b
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns

*は肥料間に5%水準で有意差があること, nsは有意差がないことを示す.

同一肥料区内における同一記号は, 品種間に5%水準で有意差がないことを示す.

第5表 窒素肥料の種類が根粒着生程度の異なるダイズ品種・系統の地上部乾物重および成長パラメーターに及ぼす影響(試験3, 2002・鳴子).

窒素肥料	品種・系統			窒素肥料	品種・系統		
	エンレイ	作系4号	En1282		エンレイ	作系4号	En1282
地上部乾物重 (R1, g m^{-2})				LAI ($\text{R1, m}^2 \text{ m}^{-2}$)			
尿素	223 a	83 c	132 b	尿素	3.9 a	1.4 c	2.2 b
LP-100	215 a	107 c	139 b	LP-100	3.8 a	2.0 b	2.1 b
肥料間差	ns	*	ns	肥料間差	ns	*	ns
地上部乾物重 (R5, g m^{-2})				LAI ($\text{R5, m}^2 \text{ m}^{-2}$)			
尿素	560 a	260 b	358 b	尿素	5.4 a	3.1 b	3.1 b
LP-100	596 a	324 b	378 b	LP-100	5.0 a	3.5 b	3.5 b
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns
NAR ($\text{R1-5, g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)				CGR ($\text{R1-R5, g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)			
尿素	2.8 a	4.1 a	3.3 a	尿素	10.9 a	5.7 b	7.3 b
LP-100	3.2 a	3.5 a	3.7 a	LP-100	12.3 a	7.0 b	7.7 b
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns

*は肥料間に5%水準で有意差があること, nsは有意差がないことを示す.

同一肥料区内における同一記号は, 品種間に5%水準で有意差がないことを示す.

号の収量と百粒重は En1282 よりも有意に高かったが, それ以外の形質では En1282 と同程度であった. 粒茎比の品種間差は作系4号とエンレイ, En1282 の間で有意差がないものの, 作系4号で高い傾向を示した. 作系4号の NAR は試験2と同様に, 他の2品種・系統よりも高い傾向がみられた. 試験2と同様に, エンレイの CGR の高さは LAI によるものであり, エンレイの収量は莢数と百粒重の効果により, 他の2品種・系統よりも高かった(第5, 6表).

考 察

本研究は, 窒素吸収の大部分を根粒に依存している根粒超着生品種作系4号と根粒普通着生品種エンレイとの間の緩効性肥料に対する窒素反応の違いを解析し, 作系4号の最適な栽培条件を明らかにすることを目指して行った. 試験2, 3において, 開花期, 子実肥大期における地上部の乾物重および葉面積に対する窒素肥料の種類(速効性, 緩効性)の影響を解析した結果, 作系4号において緩効性肥料(LP-100)により乾物重が増加する傾向があったものの,

第6表 窒素肥料の種類が根粒着生程度の異なるダイズ品種・系統の収量および収量構成要素に及ぼす影響(試験3, 2002・鳴子).

窒素肥料	品種・系統			窒素肥料	品種・系統		
	エンレイ	作系4号	En1282		エンレイ	作系4号	En1282
収量 (g m ⁻²)				茎重 (g m ⁻²)			
尿素	217 a	156 b	130 b	尿素	130 a	84 b	89 b
LP-100	230 a	181 b	126 c	LP-100	132 a	99 b	75 c
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns
莢数 (m ⁻²)				精粒数 (m ⁻²)			
尿素	440 a	357 ab	355 b	尿素	682 a	549 a	560 a
LP-100	438 a	404 ab	321 b	LP-100	741 a	653 ab	537 b
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns
100粒重 (g)				粒茎比			
尿素	32.0 a	28.5 a	23.2 b	尿素	1.69 a	1.87 a	1.46 a
LP-100	31.0 a	27.9 b	23.5 c	LP-100	1.74 a	1.86 a	1.68 a
肥料間差	ns	ns	ns	肥料間差	ns	ns	ns

*は肥料間に5%水準で有意差があること, nsは有意差がないことを示す.

同一肥料区内における同一記号は, 品種間に5%水準で有意差がないことを示す.

その効果は概して小さかった(第3, 5表). 収量に対しては, 作系4号では緩効性肥料による有意な効果はみられなかったが高くなる傾向があった, またそれ以外の品種・系統では効果が認められなかった(第4, 6表). 緩効性肥料の効果については, 開花期前に培土と同時に追肥することにより収量を向上させたとの報告(荒垣・藤井 1991)がある一方で, 緩効性肥料の表層施肥の効果は不安定であり, 表層施肥の効果を疑問視する見解(Takahashi ら 1991)もある. 本研究において, エンレイと作系4号に対する緩効性肥料の効果が栽培条件によって変動したことは, 品種の特性のほかに, 根粒活性が栽培条件や環境条件の変動によって影響を受けたことも原因とも思われる. 緩効性肥料による作系4号の増収効果がみられた試験3は, 他の2つの実験に比べかなり低い収量水準であったことから, 作系4号の生育と収量に対する緩効性肥料の効果は, 収量水準が低い場合に発現しやすいものと推察される.

一方, 根粒非着生系統 En1282 では緩効性肥料により収量が減少する傾向がみられた(第1, 4, 6表). 根粒を着生しない En1282 は, 緩効性肥料による緩やかな窒素の溶出が植物体の肥料窒素利用を増加させ, 生育量が増加したと思われるが, 生育量の増加が収量には反映されなかった(第2, 3, 4, 5表). この結果をもたらした生理的な要因は不明である.

3つの実験(試験1~3)を通して, エンレイの収量が他の2品種・系統より高かった(第4, 6表). これはエンレイの生育量および LAI が高く, 莢数, 精粒数, 百粒重が他よりも高かったことによる. 成長解析の結果, エンレイの CGR は試験2, 3の両実験を通じ, 他の2品種・系統よりも有意に高かったが, NAR には有意差がなかったことから,

エンレイの CGR の優位性は LAI の大きさに起因していると判断された. 一方, 作系4号は LAI が小さいのが大きな特徴であり, この特性が CGR ひいては収量増加の制限要因になっていると思われた.

試験1~3による土壌条件や気象条件の違いが生育量や収量に与えた影響は大きかったと思われる. 試験1のエンレイでは, 生育が過繁茂ぎみになり, 過剰な生育による負の効果が現れたため, 生育量の増加が収量の増加に結びつかなかった. そこで, 試験2においては, 窒素施肥量を抑えることにより, 過繁茂を回避し適正な生育量を確保した. そのため, 結果として生育量が試験1より低かったにもかかわらず, 収量は高くなった. これは生育量過剰による収量への負の効果を抑制した結果であると考えられた. 同様の現象は En1282 においてもみられた(第2~4表). 試験3の生育量は試験2の2/3程度, 収量においては半分程度しかなかったが, 試験2と試験3の栽培土壌と気象条件の違いが影響したものであろう. この影響は特に En1282 の収量に大きく現われていた. 第7表に2001年および2002年の月別の日平均気温, 日照時間数, 降雨量を示した. 鳴子の月平均気温は仙台よりも常に1℃程度低く, 日照時間も少ないことや, 2002年の7月の大雨とそれによる低日照, 秋の低温などが生育に大きく影響したものと推察される. そこで, 各収量構成要素や生育量, LAI と各年度・場所の気候条件との相関関係を解析したが, 一部に有意な関係を示すものもあったが, 一定の傾向がみられなかった(データ省略).

作系4号をつくばで栽培した結果では, エンレイと同程度, またはそれ以上の収量を上げる場合があった(Takahashi ら 2003)が, 仙台および鳴子で栽培した本実験では, 作系

第7表 試験実施期間の月別気象条件.

月	日平均気温 (°C)					日照時間 (h)					降雨量 (mm)				
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
試験1 (2001・仙台)	19.3	24.7	21.8	20.1	15.3	140	208	78	128	163	189	137	138	122	177
試験2 (2002・仙台)	17.9	23.3	24.4	20.5	15.6	160	126	147	141	168	133	360	73	83	150
試験3 (2002・鳴子)	16.5	22.2	22.5	18.4	12.7	136	86	92	132	145	137	261	131	85	180

4号がエンレイの収量を上回ることにはなかった。作系4号では、開花期までの乾物重とLAIが小さく、このことが開花期以降のCGRを小さくして収量増加を制限していた(第3~6表)。作系4号のこれらの反応は、つくばと仙台や鳴子の気候の違いが影響したものと考えられた。特に、宮城では開花期までの気温が低く、このことが作系4号のLAI増加を抑制し、収量増加を阻害していると判断される。

以上のことから、宮城県内で作系4号の多収化を図る場合、開花期までの乾物重や葉面積を高めていく栽培方法がきわめて重要であることが指摘される。緩効性肥料の施用はある程度の生育促進効果が認められたが、その効果は小さく、他の方策が必要である。その一つとして、従来よりも大幅に高い栽植密度での栽培が考えられる。また、初期生育量を指標とした遺伝的な改良の可能性も追求する必要がある。これらにより、葉面積当りの窒素含有率と光合成能が高いという作系4号の持つ多収に有利な特性を生かすことができると期待される。

謝辞：本研究で用いた作系4号の種子は高橋幹氏から、En1282は赤尾勝一郎氏から分譲を受け増殖したものである。両氏に深く謝意を表する。

引用文献

- Akao, S. and H. Kouchi 1992. A supernodulating mutant isolated from soybean cultivar Enrei. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38 : 183–187.
- 荒垣憲一・藤井博 1991. ダイズに対する培土期被覆尿素追肥について。土肥誌 62 : 75–78.
- Carroll, B.J., D.L. McNeil and P.M. Gresshoff 1985a. Isolation and properties of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] mutants that nodulate in the presence of high nitrate concentrations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 82 : 4162–4166.
- Carroll, B.J., D.L. McNeil and P.M. Gresshoff 1985b. A supernodulation and nitrate-tolerant symbiotic (*nts*) soybean mutant. *Plant Physiol.* 78 : 34–40.
- Fehr, W.R., C.E. Caviness, D.T. Burmood and J.S. Pennington 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.* 11 : 929–931.
- Fukushima, D. 2000. Recent progress in research and technology for processing and utilization of soybeans. In the Organizing Committee for ISPUC- III ed., *Proc. 3rd Int. Soybean Processing and Utilization Conference (ISPUC- III)*. Korin Publishing, Tokyo. 11–16.

- Gremaud, M.F. and J.E. Harper 1989. Selection and initial characterization of partially nitrate tolerant nodulation mutants of soybeans. *Plant Physiol.* 89 : 169–173.
- Harper, J.E. 1987. Nitrogen metabolism. In Wilcox, J.R. ed., *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*, second edition. Madison, ASA, CSSA, SSSA Inc. 497–533.
- Herridge, D. and I. Rose 2000. Breeding for enhanced nitrogen fixation in crop legumes. *Field Crops Res.* 65 : 229–248.
- 国分牧衛 2001. ダイズ多収化の生理学的アプローチ。日作紀 70 : 341–351.
- Maekawa, T., M. Takahashi and M. Kokubun 2003. Responses of supernodulating soybean genotype, Sakukei 4 to nitrogen fertilizer. *Plant Prod. Sci.* 6 : 206–212.
- Matsunami, T., A. Kaihatsu, T. Maekawa, M. Takahashi and M. Kokubun 2004. Characterization of vegetative growth of a supernodulating soybean genotype, Sakukei 4. *Plant Prod. Sci.* 7 : 165–171.
- 中野寛・桑原真人・渡辺巖・田淵公清・長野間宏・東孝行・平田豊 1987. 大豆の窒素追肥技術 第2報 施肥量と施肥位置の効果。日作紀 56 : 329–336.
- 中野寛・渡辺巖・桑原真人・田淵公清 1989. 大豆の窒素追肥技術 第4報 土壌条件が追肥効果に及ぼす影響。日作紀 58 : 331–336.
- Sinclair, T. R. and C.T. de Wit 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science* 189 : 565–567.
- Sinclair, T. R. and T. Horie 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency : A review. *Crop Sci.* 29 : 90–98.
- 高橋幹・有原文二・中山則和・国分牧衛・島田信二・高橋浩司・羽鹿牧太 2003a. 根粒超着生ダイズ品種「作系4号」の育成。作物研究所研究報告 4 : 17–28.
- Takahashi, M., J. Arihara, N. Nakayama and M. Kokubun 2003b. Characteristics of growth and yield formation in the improved genotype of supernodulating soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Plant Prod. Sci.* 6 : 112–118.
- Takahashi, Y., T. Chinushi, Y. Nagumo, T. Nakano and T. Ohyama 1991. Effect of deep placement of controlled release nitrogen fertilizer (coated urea) on growth, yield, and nitrogen fixation of soybean plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 37 : 223–231.
- 高橋能彦 1995. 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開 3 ダイズの深層施肥技術。土肥誌 66 : 277–285.
- 山本亮・高橋良二・原田久也・高橋幹・島田信二 2004. 根粒超着生変異品種の親子鑑定。育種学研究 6 : 149–151.

Growth and Yield of a Supernodulating Soybean Cultivar Sakukei 4 in Miyagi — Effects of Controlled Nitrogen Release Fertilizer — : Tomiya MAEKAWA and Makie KOKUBUN (*Graduate School of Agricultural Science, Tohoku Univ., Sendai 981-8555, Japan*)

Abstract : A newly released supernodulating soybean cultivar Sakukei 4 was previously characterized as having a superior capability of nitrogen fixation and photosynthesis, and therefore to be potentially high-yielding. To examine the yield performance of this cultivar in Miyagi, we conducted three experiments (Exp. 1 - 3) at two locations (Sendai and Naruko) for two years (2001 and 2002) placing emphasis on the effects of nitrogen supply. Sakukei 4 was grown by applying controlled nitrogen release fertilizers (LP-70 or LP-100) or urea, and the growth and yield were compared with its parental normally-nodulating cultivar Enrei and non-nodulating genotype En1282. In Exp. 1 (2001, Sendai), the yield of Sakukei 4 and Enrei was the highest in LP-100 plot followed by LP-70 plot and the lowest in the urea plot. In Exp. 2 (2002, Sendai) and Exp. 3 (2002, Naruko), the top dry weight in the LP-100 plot at flowering and seed filling stages exceeded that of the urea plot, and this was more pronounced in Sakukei 4 than in the other genotypes. The increased dry weight of Sakukei 4 by the application of LP-100 depended on an increase of leaf area. In Exp. 2 and 3, the yield of Sakukei 4 was higher in the LP-100 plot than in the urea plot, whereas that of Enrei and En1282 did not differ between the two fertilizer plots. A comparison of yield among the three genotypes revealed that the yield of Sakukei 4 was less than that of Enrei but higher than that of En1282, reflecting the difference of dry weight at flowering and seed filling stages. These results indicate that, for maximizing the yield of Sakukei 4, the utilization of controlled nitrogen release fertilizers such as LP-100 is effective to some extent, but the effect is not substantial and other agronomical measures to enhance growth need to be taken.

Key words : Controlled nitrogen release fertilizer, Miyagi, Nitrogen application, Soybean, Supernodulation.