

水田転換畑における多収ダイズの栄養特性

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	藤井, 弘志 安達, 忠弘 桃谷, 英 鈴木, 武 大沼, 彪 阿部, 吉克 今野, 周 荒垣, 憲一
巻/号	58巻2号
掲載ページ	p. 217-221
発行年月	1987年4月

水田転換畑における多収ダイズの栄養特性

藤井弘志*1・安達達弘*2・桃谷 英*3・鈴木 武*1・大沼 彪*4
阿部吉克*5・今野 周*6・荒垣憲一*3

キーワード 多収ダイズ, 水田転換畑, 着莢効率, 窒素, 全糖

1. 緒 言

ダイズの生育に伴う乾物生産の特徴については、小島ら^{10,11)}によって報告されている。また多収レベルの乾物生産についても近年になって多収ダイズの理想生育型の策定に関する研究¹⁾の中で明らかにされてきている。

養分代謝に関する研究も、戸苅ら¹²⁾、平井ら⁷⁾によって、生育に伴う無機成分、炭水化物の消長を明らかにしたものが報告されているが、なお、その数は少ない。そして、これらの報告の多くは、収量水準の低い条件下で実施されており、子実生産に及ぼす窒素、炭水化物の影響についての検討はあまりなされていない。そこで本報告では、多収ダイズの栄養特性を明らかにすることを目的に、4 t/ha 以上の収量を得ている山形県立農業試験場本場(以下山形とする)のダイズと、1978年の6.49 t/ha を最高に、5 t/ha 以上のきわめて高い収量を継続的に得ている山形県立農業試験場最北支場(以下新庄とする)のダイズについて、子実生産に及ぼす窒素および炭水化物の影響について検討した。

2. 試験方法

1) 土壌条件

第1表には、山形、新庄の両試験地における土壌の化学性を示した。山形は沖積土壌(礫質褐色低地土、井尻野統)、新庄は火山灰土壌(表層腐植多湿黒ボク土、篠永統)であった。土壌の窒素供給力、保水力は、新庄が山形に比べて高い。

2) 栽培方法

第2表には、試験区の構成を示した。山形の対応区は、開花期における乾物重を対照区より少なくする目的

で次のような処理を実施した。対応A区は、対照区よりもは種期を10日遅らせた。対応B区は、代かき後、不耕起栽培し、栽植密度を10.1本/m²と少なくした。対応C区は、栽植密度を10.1本/m²と少なくした。供試品種は、山形では1981年にスズユタカ、新庄では、1979、1980年にオクシロメ、1981年にスズユタカを供試した。施肥量は、両試験地とも窒素25 kg/ha、リン酸75 kg/ha、カリウム100 kg/haを基肥として施用した。土壌改良資材として、山形では苦土石灰を1.5 t/ha、新庄では苦土石灰1.2 t/ha、リン酸資材として、ようりん1.58 t/ha、過リン酸石灰0.47 t/haを施用した。培土は、両試験地とも3、7葉期の2回実施した。その他の栽培管理は、両地域の慣行法によった。

3) 調査、分析方法

試料の採取は、開花期、幼莢期に5個体を抜きとり、部位別乾物重(葉身、茎、葉柄、幼莢)を測定した。成熟期には、形質調査(1区20~30個体、総節数、有効節数、着莢数、100粒重)と収量調査(部分刈り1区12 m²)を実施した。着莢状況については1981年の山形と新庄におけるスズユタカ5個体を供試して、主茎および分枝に分けて節位ごとに調査した。分析については、開花期、幼莢期、成熟期における試料を供試して、窒素はケルダール法で、全糖は80%熱エタノール抽出後、システイン硫酸法で定量¹⁾した。

3. 試験結果

1) 生育状況

1979年は、7月中の低温のほかは平年並みの気象条件で経過したことを反映して、生育はほぼ順調であった。1980年は、7、8月中の低温、少照、多雨の気象条件を反映して、軟弱徒長ぎみの生育であった。1981年は、6月中の低温により、初期生育の遅延が認められた。しかし、その後の気象条件が好転したため、生育はほぼ順調であった。

2) 収量および収量構成要素

1981年の収量(第3表)についてみると、新庄で5.15 t/haの高収を得た。これに対し、山形でも堆肥倍量区の4.8 t/haを最高に、対応各区はいずれも4 t/ha 台

*1 山形県立農業試験場(990-02 山形市みのりが丘6060-27)
*2 山形県立農業試験場(物故)
*3 山形県立農業試験場(現在、山形県農業技術課、990 山形市松波2-8-1)
*4 山形県立農業試験場最北支場(現在、山形県立農業大学校、996 新庄市大字角沢1366)
*5 山形県立農業試験場最北支場(現在、山形県立農業試験場)
*6 山形県立農業試験場最北支場(996 新庄市松本412-1)
昭和61年6月12日受理
日本土壤肥料学雑誌 第58巻第2号 p.217~221(1987)

第1表 土 壤 条 件

	pH(H ₂ O) ^a	全窒素 ^b (%)	全炭素 ^c (%)	陽イオン 交換容量 (me/100g)	交換性陽イオン (me/100g)			有 効 態 ^f リン酸 (mg/100g)	リン酸 吸収係数	培養窒素 ^g (mg/100g)
					Ca ^d	Mg ^d	K ^e			
山形 (沖積土壌)	6.2	0.15	2.45	18.8	8.4	2.9	0.2	35.5	820	4.3
新庄 (火山灰土壌)	5.9	0.38	6.53	29.0	10.9	3.9	0.4	18.0	1930	15.5

^a pH, ガラス電極法 (土:水=1:2.5 浸出), ^b 全窒素, ケルダール法, ^c 全炭素, チューリン法, ^d Ca, Mg, 原子吸光法, ^e K, 炎光法, ^f 有効態リン酸, トルオーグ法, ^g 有効窒素, ビーカー培養法 (30°C, 4weeks, 最大容水量の 60% 水分).
山形, 新庄-転換初年目. 排水法, 山形~明渠, 新庄~明渠, 暗渠.

第 2 表 試験区の構成

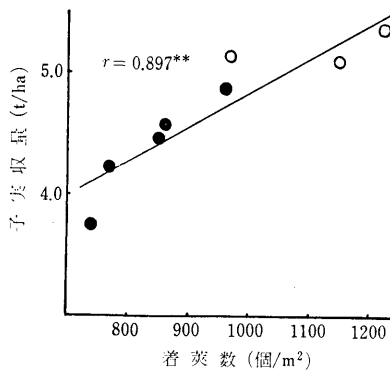
場 所	年 次	区 名	は種期	栽植密度 (本/m ²)	堆 肥 (t/ha)	備 考
山 形	1981年	対 照 区	5/19	12.1	40	12.1本/m ² -畦間 75cm
		堆肥倍量区	5/19	12.1	80	株間 22cm (2本立)
		対 応 A 区	5/29	12.1	40	10.1本/m ² -畦間 90cm
		対 応 B 区	5/19	10.1	40	株間 22cm (2本立)
		対 応 C 区	5/19	10.1	40	15本/m ² -畦間 75cm
新 庄	1979年	対 照 区	5/18	15	15	条は
	1980年	対 照 区	5/20	15	15	対 応 B 区一代かき不耕起栽培
	1981年	対 照 区	5/19	15	15	

第 3 表 収量性および収量構成要素

場所	年次	区 名	子実重 (t/ha)	全重 (t/ha)	収穫 ^{*1} 指数 (%)	総節数 (節/m ²)	有効節数 ^{*2} (節/m ²)	有効節数 割合 (%)	1節莢数 ^{*3} (個/節)	莢 数 (個/m ²)	100粒重 (g)
山 形	1981年	対 照 区	3.74	8.53	44	605	393	65	1.9	741	27.9
		堆肥倍量区	4.87	10.43	47	641	429	67	2.2	960	28.3
		対 応 A 区	4.45	9.43	47	560	369	66	2.3	851	27.4
		対 応 B 区	4.21	8.72	48	430	323	75	2.4	772	28.8
		対 応 C 区	4.58	9.71	47	539	382	71	2.3	861	28.7
新 庄	1979年	対 照 区	5.35	8.94	60	646	538	83	2.3	1224	23.5
	1980年	対 照 区	5.07	9.00	56	570	492	86	2.3	1146	25.4
	1981年	対 照 区	5.15	9.22	56	539	442	82	2.2	962	29.4

($r=0.463$)($r=0.897^{**}$)($r=0.487$)*⁴

*1 収穫指数—子実重/全重×100, *2 有効節数—莢の着生した節数, *3 1節莢数—1m²当たり莢数/1m² 当たり有効節数,
*4 ()—子実重との相関係数.



第 1 図 着莢数と子実収量の関係
●, 山形; ○, 新庄.

の収量を得たが, 新庄には及ばなかった.

収量構成要素から新庄と山形(対照区)を比較してみると, 新庄は, 有効節数が, 山形の 393節/m² に対して, 442節/m² で著しく高く, それを反映して, m² 当たりの着莢数が多かった(第1図).

また, 新庄のダイズは, 収穫指数が山形の 44% に対して, 56% と高い値を示した.

3) 時期別窒素, 全糖濃度および集積量

時期別の窒素濃度およびその集積量を第4表に示した. 開花期および幼莢期の部位別窒素濃度をみると, 葉身は 5.14~5.63%, 茎, 葉柄は 1.31~1.79% の範囲にあり, ここでは山形と新庄の特徴的な差異はみられなかった. 成熟期では, 茎の窒素濃度が 0.58~1.11% の範

第4表 窒素濃度および集積量

場所	年次	区名	開花期			幼莢期				成熟期				時期別N集積量				
			N濃度(%)			N濃度(%)			N濃度(%)	N濃度(%)			I	II	III*2			
			葉身	茎	葉柄	葉身	茎	葉柄	幼莢	茎	莢殻	子実						
山形	1981年	対照区	5.49	1.79	1.49	11.7	5.19	1.96	1.63	4.07	16.8	1.07	1.10	6.64	27.8	11.7	5.1	11.3
		堆肥倍量区	5.63	1.77	1.66	11.3	5.40	2.35	1.99	4.44	19.7	1.11	1.37	6.51	36.1	11.3	8.4	16.4
		対応A区	5.25	1.62	1.50	6.5	5.41	2.11	1.40	4.88	14.7	0.80	1.16	6.65	32.3	6.5	8.2	17.6
		対応B区	5.31	1.46	1.31	8.2	5.03	1.75	1.30	4.16	14.6	0.73	1.30	6.88	31.4	8.2	6.4	16.8
		対応C区	5.14	1.56	1.48	10.2	4.73	1.66	1.41	4.45	17.0	0.88	1.11	6.63	33.3	10.2	6.8	16.3
新庄	1979年	対照区	5.27	1.94	1.65	5.9	4.95	1.74	1.30	4.17	16.7	0.73	1.07	6.20	33.6	5.9	10.8	16.9
	1980年	"	4.84	2.13	1.59	9.6	5.19	2.38	1.61	4.14	21.6	0.88	1.08	6.94	36.7	9.6	12.0	15.1
	1981年	"	5.15	1.71	1.32	9.3	5.30	2.04	1.11	4.44	15.7	0.58	1.02	6.49	36.6	9.3	6.4	20.9

($r=0.925^{**}$)($r=0.114$)($r=0.542$)($r=0.835^{**}$)*1

*1()内一子実重との相関係数。*2 I一は種期～開花期, II一開花期～幼莢期, III一幼莢期～成熟期。

第5表 全糖濃度および集積量

場所	年次	区名	開花期			幼莢期				Δ幼莢期*							
			濃度(%)			集積量(g/m ²)			濃度(%)			集積量(g/m ²)			一開花期 (g/m ²)		
			葉身	茎	葉柄	葉身	茎	葉柄	計	葉身	茎	葉柄	葉身	茎		葉柄	計
山形	1981年	対照区	1.92	1.07	3.81	3.2	1.6	4.1	8.9	2.06	2.13	4.17	4.1	5.8	6.0	15.9	7.0
		堆肥倍量区	2.11	1.27	4.43	3.3	1.7	4.6	9.6	2.86	2.40	5.26	6.2	6.5	6.9	19.6	10.0
		対応A区	2.24	1.99	4.71	2.2	1.7	2.6	6.5	2.22	2.51	5.12	3.9	5.1	7.7	16.7	10.2
		対応B区	2.63	1.12	4.10	3.4	1.1	3.2	7.7	2.35	2.45	5.31	4.4	5.3	5.8	15.5	8.0
		対応C区	1.49	0.62	3.25	2.3	0.9	3.4	6.6	2.43	2.00	4.82	5.5	4.9	8.3	18.7	12.1
新庄	1979年	対照区	2.72	1.43	2.33	2.5	0.9	0.9	4.3	4.51	3.68	7.52	10.0	8.4	10.8	29.2	24.9
	1980年	"	2.55	1.33	1.97	2.6	1.3	2.0	5.9	3.78	4.18	6.97	7.2	11.2	8.5	26.9	21.0
	1981年	"	2.28	1.26	3.98	2.3	1.3	4.0	7.6	6.20	3.61	8.11	11.3	7.5	11.7	30.5	23.9

*Δ(幼莢期の全糖集積量) - (開花期の全糖集積量)。

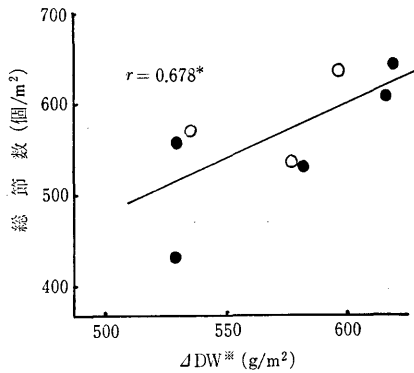
圃にあり、特に新庄は0.58%で最も低かった。時期別の窒素集積量と子実収量との関係をみると、子実収量の高いダイズでは、幼莢期以降の窒素集積量が優る傾向にあった。山形と新庄のダイズ(対照区)を比べると、時期別の窒素集積割合は、山形ではI期-42%、II期-18%、III期-40%で、幼莢期までの集積量が多い前半型であり、一方、新庄ではI期-25%、II期-17%、III期-58%で、幼莢期以降の集積量が多い後半型であった。しかも、成熟期における窒素の集積量は、子実収量を反映して、新庄≧堆肥倍量区>対応C区>対応A区>対応B区>対照区の順であった。

時期別の全糖濃度および集積量は第5表に示した。各部位とも、全糖濃度は、開花期より幼莢期で高く推移した。部位別では、葉柄で高く、特に新庄のダイズでは顕著であった。山形と新庄のダイズ(対照区)を比べると、開花期における全糖の集積量は、山形>新庄である

のに対して、幼莢期では新庄≧山形であった。特に新庄では、開花期から幼莢期にかけての全糖濃度および集積量の増加が著しかった。

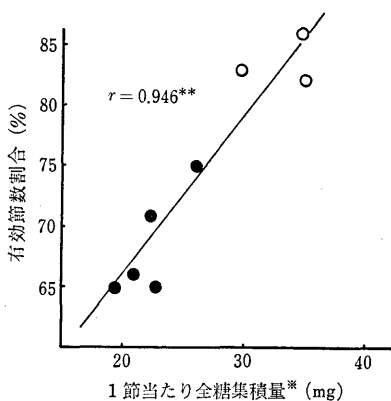
4. 考 察

子実収量は、第1図、第3表に示すように、収量構成要素のうち、着莢数との相関が高かった。このことから、ダイズの収量形成には、着莢数の確保が必要であると言える。また、ダイズの場合、着蕾、開花は、ソース能が制限因子となって着莢数が減少し、一方、莢伸長期以降は、ソース能に対してシンク能が、収量の制限要因となっている可能性が指摘⁸⁾されている。収量形成上、特に多収レベル(4t/ha以上)では、栄養生長量だけでなく、ダイズの栄養状態(特に窒素、全糖)が大きく関与していることが考えられる。そこで、着莢に及ぼす栄養生長量およびダイズの栄養状態の影響を解析する目的



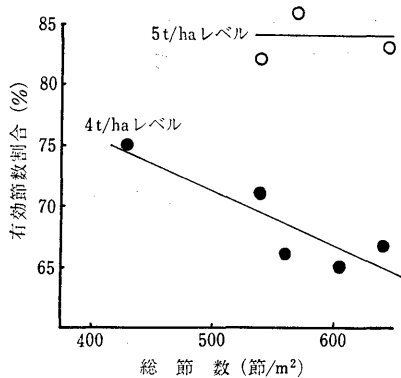
第 2 図 乾物生産量と総節数の関係

●, 山形; ○, 新庄; ※ΔDW (幼莢期)→全重-幼莢重.



第 3 図 幼莢期における 1 節当たり全糖集積量と有効節数割合の関係

※1 節当たり全糖集積量→莢+葉柄中の全糖集積量/総節数; ●, 山形; ○, 新庄.



第 4 図 総節数と有効節数割合との関係

●, 山形; ○, 新庄.

で、面積当たりの着莢数を次式に分解した。

$$(1 \text{ m}^2 \text{ 当たりの着莢数}) = (1 \text{ m}^2 \text{ 当たりの総節数}) \times (\text{有効節数割合}) \times (1 \text{ 節莢数})$$

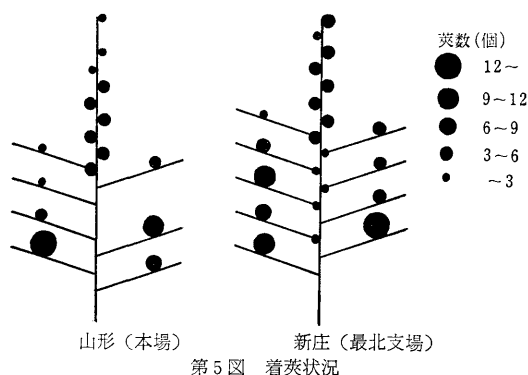
はじめに総節数について検討する。総節数は、前報⁵⁾でも述べているように、栄養生長量によって決定され、幼莢期頃まで、乾物生産量を高めることで、莢の着生部位である節数の確保は可能であると言える。本報告でも、第 2 図に示すように、幼莢期までの栄養生長量が多いほど、総節数が多くなる傾向が認められた。

次に、着莢効率に関係する有効節数割合と 1 節莢数について検討する。1 節莢数は、第 3 表に示すように、2.2~2.3 ではほぼ一定であった。このことから、着莢率は主に有効節数割合によって決定されることが考えられたので、第 3 図には、幼莢期における 1 節当たりの全糖集積量と有効節数割合の関係を示した。これによれば、1 節当たりの全糖集積量が多いほど、有効節数割合が高まる傾向がみられた。このことは、光合成産物の供給能(ソース能)が、有効節数割合の向上に大きく関与していることを裏づけている²⁾と考えられる。

着莢数に及ぼす総節数と有効節数割合の規制の程度が、収量レベルによっても異なっている。4 t/ha レベルのダイズでは、総節数が多くなるにしたがって有効節数割合が低下してくるが(第 4 図)、総節数の増加によって有効節数の確保は可能であることから、4 t/ha までのダイズは、主に総節数の向上で達成可能である。それに対して、5 t/ha レベルのダイズでは、総節数が多い段階でも有効節数割合の低下がみられず、結果的に有効節数が多くなる傾向にあることから、5 t/ha のダイズは、総節数と有効節数割合の向上が必要であると言える。

特に着莢効率の高い(有効節数割合 82~86%)新庄のダイズでは、開花期から幼莢期にかけて、各部位(特に葉柄)における全糖濃度の増加が著しい。さらに、幼莢期の茎と葉柄における全糖集積量は、開花期の 5.8 倍であり、葉身の全糖集積量の 2.7 倍に比べて高かった。このことは、着莢効率の向上には、光合成産物の集積量の多い葉柄および茎の存在が必要であると言える。この点については、CIHA ら³⁾がダイズの場合、炭水化物の集積部位としての葉柄、茎の収量形成に対する重要性を指摘している点からもうかがえる。

着莢節位については、第 5 図に示すように、着莢効率の低いダイズでは、主茎の下位節、下位分枝節における着莢数が少ない。その原因を生育経過からみると、LAI が早い時期から大きくなりすぎ、相互遮へいが起こる。その結果、下葉が枯れ上り、徒長によって、倒伏などの生育障害を生ずる。このようなダイズは、下位葉の光合成能が低下する消耗型(後期凋落型)となり、下位節の着莢が抑制されることから、先行型のダイズでは、後



期生育に不利な生産体制をもたらすことが知られている⁹⁾。以上のことから、着莢効率を決定している要因は光合成産物の供給力であると考えられ、その光合成産物の供給を円滑にするためにも、過剰生育にならないような適正な乾物生産パターン⁹⁾が必要である。

多収レベルの子実生産におけるもう一つの条件は、着生した莢（子実）への窒素、光合成産物の供給が十分に行なわれることが必要である。特に、着莢数が増加すればするほど、生育前半に集積した量だけでは不足であり、生育後半まで窒素の供給があり、高い光合成能を維持することが重要と考えられる。この点については、本報告でも、幼莢期以降の窒素集積量と子実重との相関が高い点からもうかがえる。また橋本⁶⁾らも、生育後半に吸収した窒素が、子実生産にとってきわめて有効であることを指摘している。

5. 摘 要

1. 本試験で得られたダイズの平均収量は、山形で4.37 t/ha、新庄で5.19 t/haで、両試験地とも、4 t/ha以上の多収であった。

2. 収量は1 m²当たりの着莢数と密接な関係が認められる。さらに、着莢数は次のように示すことができる。

$$\text{着莢数} = \text{総節数} \times \text{有効節数割合} \times \text{1節莢数}$$

その中で、総節数は主に乾物生産量によって決定される。一方、有効節数割合は、1節当たりの全糖集積量が多いほど高まる傾向にあることから、着莢率は光合成産物の供給量と密接な関係があることが考えられる。

3. 着莢数に及ぼす総節数と有効節数割合の規制の程度が、収量レベルによっても異なる。4 t/haのダイズは、主に総節数の向上で達成可能である。それに対し

て、5 t/haのダイズは、総節数と有効節数割合の向上が必要十分条件である。

4. 全糖濃度は、着莢効率の高い新庄のダイズで高く、しかも開花期から幼莢期にかけての全糖集積量の増加が著しかった。部位別では、葉柄における全糖濃度が、他の部位に比べて著しく高く、光合成産物の中間的プールとしての役割を果たしていると考えられる。

5. 幼莢期以降の窒素集積量と子実重の相関が高く、子実生産には、生育後半まで窒素の供給が重要であると考えられる。

謝 辞 本報告のご校閲をいただいた山形県立農業試験場化学部長佐藤俊夫氏、ならびに本報告に対して貴重なご助言をいただいた農業研究センター栽培第一部長橋本鋼二博士には、厚くお礼申し上げます。また本研究を実施するうえでご援助いただいた化学部の諸氏に対して、心より謝意を表します。

文 献

- 1) 作物分析法委員会編：栄養診断のための栽培植物分析測定法，p.290~291，養賢堂，東京（1976）
- 2) 石塚潤爾：北海道のダイズ生育および子実たんぱく生成における可溶性窒素成分の栄養生理学的意義，北海道農試研報，**101**，51~122（1972）
- 3) CHIA, A. J. and BRUN, W. A.: Effect of Pod Removal on Nonstructural Carbohydrate Concentration in Soybean Tissue, *Crop Sci.*, **18**, 773~776（1978）
- 4) 藤井弘志：シンポジウム（ダイズの生産と栄養生理）2. 多収のための乾物生産と養分吸収，土肥要旨集，**29**，259（1983）
- 5) 藤井弘志・荒垣憲一・中西政則：ダイズの生育診断法，1. 開花期の乾物生産による生育診断，土肥誌，**56**，336~339（1985）
- 6) 橋本鋼二：大豆の生育時期別発達に対する肥料ならびに固定窒素の意義，北海道農試研報，**99**，17~29（1971）
- 7) 平井義孝：大豆の無機栄養に関する調査（第1報）生育に伴う吸収移動経過について，北海道立農試集報，**7**，47~57（1961）
- 8) 桑原真人：ダイズの多収条件と窒素代謝(1)，農及園，**61**，473~479（1986）
- 9) 松本重男・朝日幸光：生育経過型からみた夏大豆の子実生産向上に関する研究，九州農試研報，**9**，1，13~60（1977）
- 10) 小島睦男・福井重郎：大豆の子実生産に関する研究第3報，乾物生産の特性について，日作紀，**34**，448~452（1966）
- 11) 小島睦男・福井重郎：大豆の子実生産に関する研究第4報，乾物生産と収量との関係，日作紀，**34**，453~456（1966）
- 12) 戸苅義次・加藤泰正・江幡守衛：大豆の増収機構に関する研究，日作紀，**24**，103~107（1955）