

水田転換畑におけるダイズ不耕起狭畦無培土栽培の継続による収量、品質の経年変化

坂東悟¹⁾・藤山英保²⁾

¹⁾ 鳥取県農林総合研究所農業試験場, ²⁾ 鳥取大学農学部

要旨：細粒灰色低地土・灰色系の水田転換畑において、ダイズ不耕起狭畦無培土栽培（畦幅 30 cm）を連作した場合の収量や品質の特徴を把握するため、慣行の耕起培土栽培（畦幅 70～75 cm）を連作した場合との比較試験を行った。試験はダイズ（タマホマレ）を用い、窒素、リン酸、加里は無施用で石灰資材のみ施用し、裏作無しで7作継続して栽培を行った。試験期間中、窒素肥沃度の指標とされる可給態窒素は試験開始時と比べ7作目で不耕起区は64%、耕起区は45%まで減少した。子実収量は両処理区とも7作平均で約 320 g m⁻²と両処理区間で差はみられず、また栽培継続による減収も認められなかったが、耕起区で子実収量の年次変動が大きかった。また、不耕起区は耕起区に比べ百粒重が小さく、大粒率が低く、茎の太さが細く、個体あたり莢数が少なく、m²当たり莢数は多いといった個体密度の違いが原因と考えられる特徴が試験期間を通じてみられた。子実タンパク質含有率は年次により変動したが、経年的な増減傾向および処理間差は認められなかった。子実カルシウム含有率は土壌中の交換性石灰含量と高い正の相関 ($r=0.86^{**}$) が認められ、両処理区とも5作目まで年々高くなり、試験開始時の約2.5倍となった。また、7作平均値では不耕起区の子実カルシウム含有率が高く、これは土壌管理の違いにより石灰資材の作土中の蓄積量が多いためと考えられた。等級は5作までは不耕起区が耕起区より下回ったが、6作以降は同等か不耕起区が高い傾向にあった。

キーワード：子実品質、収量、ダイズ、不耕起、連作。

水田作経営を行う上で転換畑における収益確保は重要な要素となる。水田転換畑に導入される土地利用型作物の中でダイズは主要な位置を占めるが、単収が依然として低くかつ年次変動も大きい（梅本 2008）など経営的な不安定さを伴う作物となっている。現在、この不安定さを低減し、収益性を高める可能性のある技術の一つとして、ダイズ不耕起狭畦無培土栽培（以下、ダイズ不耕起栽培と略）が注目されている。ダイズ不耕起栽培は播種前から収穫まで一貫して不耕起状態を保ち、慣行栽培の約半分の畦幅（30 cm）に専用の播種機で播種を行う栽培法である。この栽培法の特徴は省力、適期播種、作業性の向上、雑草抑制、生産費のコスト低減、土壌浸食の防止（Phillips ら 1980、長野間 1987、関 1999、濱口ら 2004、Baker 2005、梅本 2008）などがあげられる。また、ダイズ栽培では連作の弊害が叫ばれているが、連作の面積割合は全国で35%、気候上の制約が大きい東北地方では実に75%に達している（農林水産省生産局農産振興課 2004）。近代農業において転換畑でのダイズ不耕起栽培は耕起栽培に比べ研究の歴史が極めて浅いこともあり、栽培を継続した条件下で土壌の諸性質の変化や、実際の導入に際して最も問題になる収量や品質等の変化に関する知見は乏しい。

著者らはダイズ不耕起栽培を継続した場合の土壌理化学性について調査を行い、全炭素や可給態窒素は極表層で増加するが土壌全体では減少すること、石灰資材施用により可給態リン酸が増加することなどを明らかにした（坂東ら

2010）。

本研究の目的は、ダイズ不耕起栽培の普及拡大の可能性を探るため、農業経営上の重要な要素である収量、品質に注目しダイズ不耕起栽培を継続した場合にこれら要素の年次変動の特徴を把握することである。このために、ダイズ単作で2003年から7作継続して慣行の耕起栽培とともに不耕起栽培を実施し、比較検討を行った。

材料と方法

2003年から2009年にかけてダイズ単作での栽培を7作継続して行った。供試圃場は鳥取県農業試験場内にある圃場（鳥取市、細粒灰色低地土、灰色系、土性 LiC、面積 624 m² (52 m × 12 m)、前歴水稲、試験開始時に外周および短辺中央に明渠を施工）を用いた。圃場短辺を2分割し一方を不耕起区、他方を耕起区とし、さらに長辺を4分画し1区画 60 m² (12 m × 5 m) とした。調査は4分画したうちの隣接しない2区画（不耕起2、耕起2）で行った。品種にタマホマレを用い、6月10日を基準として前後2日以内に播種を行った。種子予措を含む病害虫防除は鳥取県栽培指導指針（鳥取県農林水産部 2003）に従った。土壌改良資材として炭酸苦土石灰（CaO : 32%、MgO : 15%）を毎年、播種の約10日前に 50 g m⁻² 施用した。また、耕起法の違いに起因する、物質収支を含めた特徴を容易に把握できるよう窒素、リン酸、加里を含む肥料および堆肥等の有機物の施用は行っていないが、収量調査地点以外の

第1表 個体密度の推移.

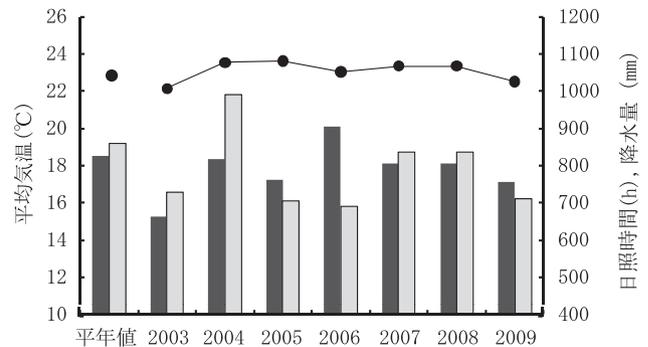
処理区	個体密度 (本 m ²)						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
不耕起区	42.5	21.1	16.4	17.8	15.8	15.2	27.4
耕起区	12.2	11.9	13.3	8.6	9.7	11.9	12.7

収穫残渣は両処理区とも圃場に還元した。耕耘は不耕起区では試験期間を通じて行わず、耕起区では毎年石灰資材施用の前後に2回、約20日の間隔を開けて行った。条間は不耕起区で30 cm、耕起区で70~75 cmに設定し、播種作業機は不耕起区では乾田不耕起直播機 (MJS186-6, 三菱農機社製)、耕起区ではごんべえ (HS-120, 向井工業社製) を用いた。不耕起区での播種量は年により播種機の誤動作のため変動はあるが、2003年に15.7 g m⁻²、2004~2008年に6~7 g m⁻²、2009年に13.6 g m⁻²、耕起区で2003~2009年に4~5 g m⁻²であった。個体密度は播種量等の影響で変動はあるが、不耕起区で平均22.3本 m⁻²、耕起区で11.5本 m⁻²であった (第1表)。中耕培土は耕起区のみで5葉期を目安に初生葉節が土で隠れるように行った。

生育および収量調査は、各処理において畦長3 mにある個体数を18カ所で調査し、その中で平均的な6カ所を調査地点に選定した後、定法 (農林水産技術会議事務局1975) に順じて主茎長、莢数、百粒重、子実収量等を調査した。子実成分は、タンパク質、カルシウムの各含有率を調査した。調査は定法 (財団法人日本土壌協会2001) に従い、タンパク質はケルダール法による窒素分析値に6.25を乗じ、カルシウムは湿式分解後に原子吸光度法で行った。成分含有率は全て乾物換算値とした。等級調査は子実を農産物規格規定に従い、丸目ふるいにより大粒、中粒、小粒にふるい分け、粒別ごとに連作2年目の2004年から鳥取農政事務所に依頼し格付けを行った。等級の表示については、1から3等を上、中、下の3段階に分類し、1等上を1、1等中を2とし、以下順に3等下、合格、規格外を9、10、11と数値に置き換えた。また、2等以下になった場合は格付け理由を聞き取った。統計解析は、ノンパラメトリック検定 (Wilcoxon-t-test) で行った。

気象概況

試験期間中の気象概況を第1図に示した。連作初年目の2003年は冷夏であり、7月から8月は低温 (-1.6℃: 平年比) で、寡照 (60%) であった。2004年は6月上旬から8月上旬にかけて気温が高く (+1.5℃)、多日照 (130%) であった。また、9月下旬から10月中旬にかけて降水量が多かった (280%)。2005年は6月および9月から10月中旬に気温が高く (+1.9℃)、6月下旬から7月中旬にかけて降水量が多く (130%)、寡照 (40%) であった。2006年は8月の気温が高く (+1.4℃)、降水量が少なく (14%)、多日照 (148%) であった。2007年は6月下旬から7月下旬まで低温 (-1.1℃)、寡照 (58%) であったが、それ以



第1図 試験期間中の気象概況 (6月から10月: 平年値は1971~2000)。

■: 日照時間, □: 降水量, ●: 平均気温.

降は気温、日照時間も総じて平年を上回った。2008年は7月上旬から8月中旬に気温が高く (+1.7℃)、降水量が少なく (65%)、多日照 (127%) であった。2009年は7月下旬から9月中旬まで気温が低く (-1.3℃)、7月中旬から8月上旬にかけては寡照 (30%) であった。

結 果

1. 子実収量

子実収量は、7作平均で不耕起区 324 g m⁻² (標準偏差 30.4)、耕起区 312 g m⁻² (標準偏差 44.6) と両処理区で差はみられなかった (第2表)。子実収量の推移 (第2図 a) をみると、3作までの平均は不耕起区が 301 g m⁻² (標準偏差 34.3)、耕起区は 290 g m⁻² (標準偏差 53.7) であったが、4作以降は不耕起区が 342 g m⁻² (標準偏差 6.6)、耕起区は 328 g m⁻² (標準偏差 25.9) と、両処理区とも同様に推移し、かつ3作までと4作以降の収量に有意差はみられず、栽培継続による収量低下は認められなかった。また、処理ごとの収量変動について、上述のとおり不耕起区の標準偏差が耕起区より小さい傾向を示し、不耕起区の収量が耕起区に比べ安定していることが伺えた。

2. 百粒重、大粒率、等級

百粒重、大粒率は両処理区とも4作まで低下する傾向を示したが、5作以降は逆に増加傾向を示した (第2図 b, c)。不耕起区の百粒重と大粒率の7作平均値はそれぞれ 27.6 g と 32.9% であったのに対して、耕起区は 28.7 g と 41.2% (第2表) であり、いずれも耕起区が有意に高く (百粒重、大粒率とも P=0.02)、かつ各年次とも耕起区が不耕起区を上回った (第2図 b, c)。この不耕起区と耕起区

第2表 栽培前期 (2003-2005) と後期 (2006-2009) における生育・収量関連形質の比較.

項 目		子実収量 (g m ⁻²)	百粒重 (g)	大粒率 (%)	等級 (大粒)	等級 (中粒)	子実 タンパク質 (%)
平均値	不耕起 前 (2003-2005)	301	27.4	28.0	4.0	5.4	38.0
	後 (2006-2009)	342	27.7	36.7	3.3	4.8	37.8
	全 (2003-2009)	324	27.6	32.9	3.5	5.0	37.9
	耕起 前 (2003-2005)	290	28.1	32.8	2.9	4.1	38.1
	後 (2006-2009)	328	29.2	47.6	3.3	5.9	37.5
	全 (2003-2009)	312	28.7	41.2	3.2	5.3	37.7
検定	不耕起 (前) - 耕起 (前)		*	*			
	不耕起 (後) - 耕起 (後)		*	*			
	不耕起 (全) - 耕起 (全)		*	*			

項 目		子実 Ca (%)	主茎長 (cm)	最下着莢高 (cm)	茎の太さ (mm)	莢数 (莢 本 ⁻¹)	莢数 (莢 m ⁻²)
平均値	不耕起 前 (2003-2005)	0.14	71.3	18.4	6.8	39.0	923
	後 (2006-2009)	0.23	48.9	11.5	6.9	50.8	923
	全 (2003-2009)	0.20	58.5	14.5	6.9	45.8	923
	耕起 前 (2003-2005)	0.12	59.1	17.4	8.2	58.9	738
	後 (2006-2009)	0.21	46.5	8.4	8.8	82.0	802
	全 (2003-2009)	0.18	51.9	12.2	8.5	72.1	775
検定	不耕起 (前) - 耕起 (前)				*	*	*
	不耕起 (後) - 耕起 (後)				*	*	*
	不耕起 (全) - 耕起 (全)	*			*	*	*

検定の表記について, * は $P \leq 0.05$, $0.05 < P$ は無記入 (Wilcoxon の符号順位和検定).

等級の 2003 年値は欠測.

の違いは 5 作目以降に顕著となり, たとえば大粒率は両処理区の差が 1~4 作では 3~7% の幅であったのに対し, 5~7 作では 9~18% の幅に広がった.

等級は大粒, 中粒, 小粒の粒別に評価されることから, 第 2 図 d では全体の 9 割以上を占めた大粒と中粒について表示した. 7 作の平均値 (ただし, 1 作目は欠測) は大粒および中粒とも両処理区で差はみられなかった. 年次別では 2, 3 作目の耕起区の等級は, 大粒, 中粒とも不耕起に比べ高い傾向がみられたが, 4 作以降は両処理区の等級差は明確ではなかった. また, 栽培継続による等級の年次変動に一定の傾向はみられなかった (第 2 図 d). 2 等以下に格付けされた主な理由は, 両処理区とも 2004~2006 年が未熟と裂皮, 2007 年が未熟としわ, 2008 年が未熟と裂皮, 2009 年が虫害 (カメムシ) であった.

3. 子実中のタンパク質とカルシウム含有率

子実タンパク質含有率の 7 作の平均値は不耕起区が 37.9%, 耕起区は 37.7% と差は認められなかった (第 2 表). また, 両処理区とも栽培継続による年次変動に一定の傾向は認められなかった (第 2 図 e).

子実カルシウム含有率の 7 作の平均値は不耕起区が 0.20%, 耕起区は 0.18% であり, 不耕起区が耕起区に比

べ高かった (第 2 表). 両処理区とも 4 作まで年々値が増加し, 4 作目には試験開始時の約 2.6 倍に達したが, 5 作以降は両処理区とも横ばいに推移した (第 2 図 f).

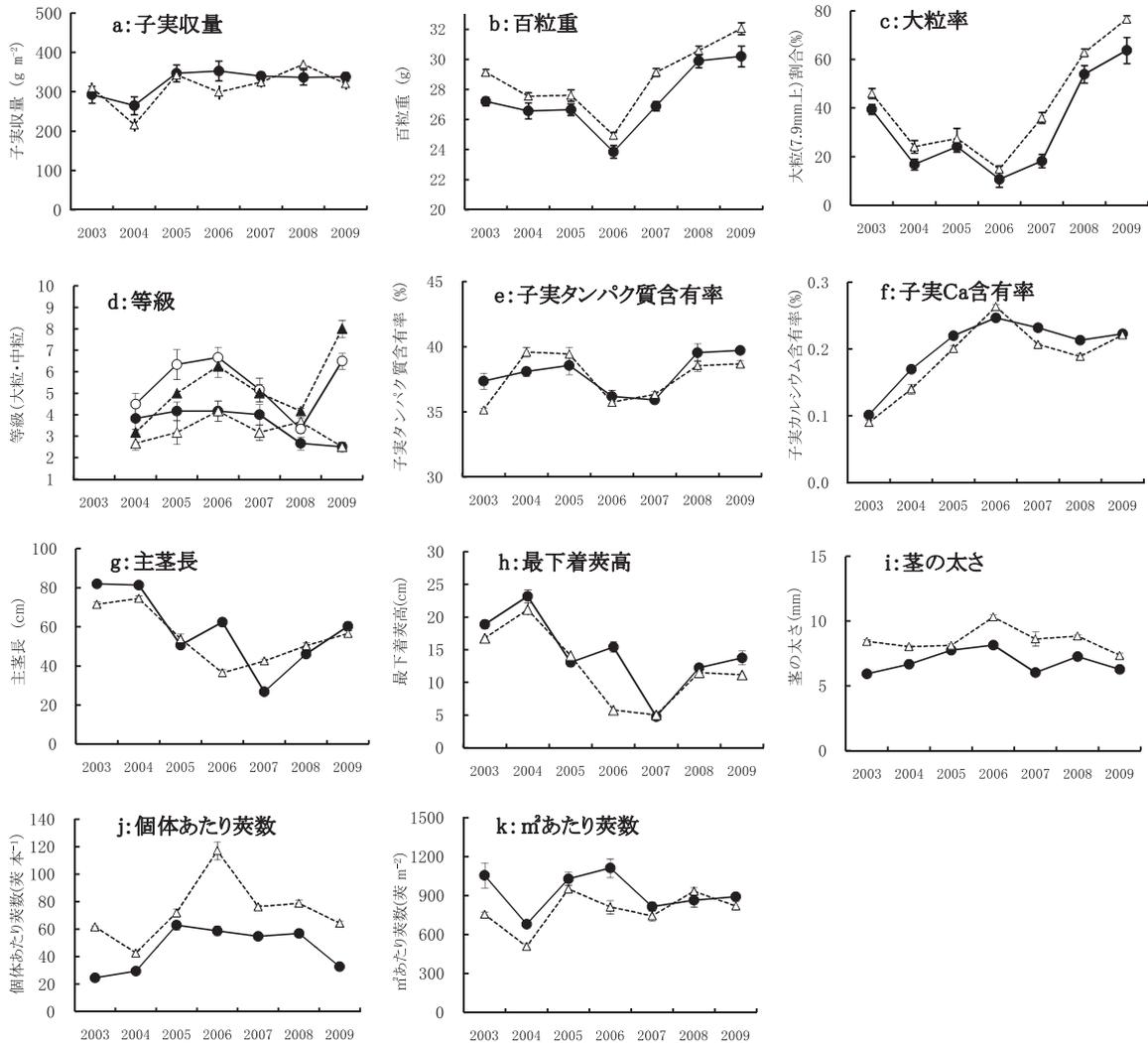
4. 主茎長, 最下着莢高, 茎の太さ, 莢数

主茎長の 7 作の平均値は不耕起区が 58.5 cm, 耕起区は 51.9 cm と開きがあったが, 両処理区間に有意差は認められなかった (第 2 表). 不耕起区は 5 作目まで, 耕起区は 4 作まで低下傾向を示した (第 2 図 g).

最下着莢高の 7 作平均値は不耕起区が 14.5 cm, 耕起区は 12.2 cm と不耕起区で高い傾向 ($P=0.09$) が認められた (第 2 表). 年次変動は, 主茎長と類似し, 不耕起区は 5 作まで, 耕起区は 4 作まで低下傾向を示した (第 2 図 h).

茎の太さは 7 作の平均値が不耕起区で 6.9 mm, 耕起区で 8.5 mm と耕起区が不耕起区に比べ有意 ($P=0.02$) に太かった (第 2 表). 年次変動は, 両処理区とも小さかった (第 2 図 i).

個体あたりの莢数は 7 作の平均値が不耕起区で 45.8 莢本⁻¹, 耕起区が 72.1 莢本⁻¹ であり, 耕起区が有意に ($P=0.02$) 多かった (第 2 表). 次に面積当たりの莢数をみると, 7 作の平均値が不耕起区で 923 莢 m⁻², 耕起区が 775 莢 m⁻² と個体当たり莢数とは逆に不耕起区が有意



第2図 各項目の年次変動 (2003-2009).

●: 不耕起, --△: 耕起
 dの中粒のみ ○: 不耕起, --▲: 耕起. 縦棒は標準誤差 (n=6).

($P=0.03$) に多い結果となった (第2表). 一方, 個体当たり莢数および面積当たり莢数の年次変動には, 両処理区とも一定の増減傾向は認められなかった (第2図j, k).

考 察

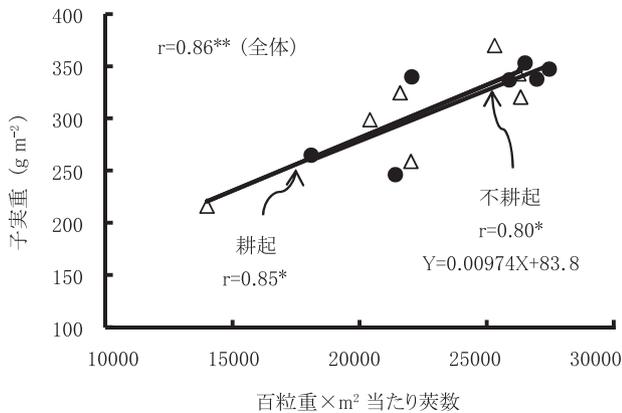
1. 収量および関連項目

ダイズを連作すると概して子実収量は低下する. 収量低下の要因は多種多様で複合的であるが, 多くの場合, 白絹病等の立枯性病害やダイズシストセンチュウなどの病虫害の多発を伴っており (桑山 1953, 高橋ら 1954, 関口ら 1976, 渡辺ら 1989), 収量低下の要因にこれら病虫害被害の比重は高いと考えられる. その他の要因として土壤理化学性の悪化が挙げられている (角田 1965, 松村ら 1988, 住田ら 2005, 稲原 2006, 三浦ら 2007). 本試験では, 試験期間内で深刻な病虫害被害はなく, 収量性に与えた影響は無視できるレベルであった. 一方, 土壤化学性はいくつかの項目で明確な変化が観測され, 土壤の窒素肥沃度の指標

である可給態窒素量は試験開始前 (2003年) に比べ6作後 (2009年) には不耕起区で64%, 耕起区で45%まで低下した (坂東ら 2010). 可給態窒素の減少により収量性が低下することが指摘されている (有原 2000, 住田ら 2005) が, 本試験では両処理区とも収量低下がみられず, この関係を認めることができなかった.

その他, 可給態窒素以外にも全炭素, 交換性加里等の減少や, 交換性石灰, 可給態リン酸の増加が観測されたが (坂東ら 2010), 土壤化学性と収量との間に明確な関係は見出せなかった. このことから, 地力中庸な圃場における約 300 g m^{-2} の収量水準では土壤化学性, 特に可給態窒素量がダイズ収量に与える影響は不耕起栽培および耕起栽培において限定的であると推察された.

多くの作物の中で最も窒素要求量が多いダイズ (Sinclair and de Wit 1975) の継続栽培で可給態窒素量が低下したにも関わらず, 収量性が低下しなかった理由を推測すると, 一つには根粒着生数が栽培継続により増加 (星



第3図 百粒重 × m² 当たり莢数と子実重との関係。

● : 不耕起, △ : 耕起。

1982), または土壌中石灰濃度の上昇に伴い増加(磯井1987)したことで根粒からの窒素供給量が高まった可能性が考えられる。ダイズの窒素同化の主要部分は根粒の窒素固定に依存し, その依存度は圃場条件等により40~90%と幅があることが知られている(高橋1997)。今後は根粒の窒素固定量を含めた調査を行い, 可給態窒素量が大きく低下したにも関わらず, 収量低下がみられなかったメカニズムを明らかにする必要がある。

ダイズの収量は, m² 当たり莢数, 百粒重, 一莢粒数で決まる。本試験における m² 当たり莢数は耕起区に比べて不耕起区で多い結果となった。これは不耕起区が耕起区に比べて密植であるために早い時期に茎葉が畦間を被覆する(濱口ら2004)など, 初期の m² 当たり生育量が確保されたことによる花蕾数の増加が莢数の増加に寄与した(斎藤ら1998)と推測される。

百粒重は個体の生育状況や後期の栄養条件に影響を受けるとされる。両処理区の子実収量に違いはみられないことから, 不耕起区の百粒重が耕起区に比べて小さくなった要因は, 後期の栄養条件の違いによるのではなく, 不耕起区の m² 当たり莢数が多いことによる相補的作用による影響(佐々木1982)が大きいと考えられる。一莢粒数については, 調査項目にないため両処理区の違いは明確ではない。しかし, 百粒重と m² 当たり莢数の積と子実収量との関係を見ると(第3図), 不耕起区および耕起区ともほぼ同じ回帰直線が得られることから両処理区の一莢粒数は同等と推測される。

以上から, 不耕起区の収量構成は, 耕起区と比較して一

莢粒数は同等で, 百粒重は小さいが m² 当たり莢数が多い特徴がみられ, この特徴は連作が進んでも維持されると判断される。ただし, この特徴は不耕起区が耕起区に比べ密植であることに大きく依存していると考えられる。

百粒重の年次変動において, 両処理区とも5作以降で増加している。百粒重は生育後期の栄養状態の影響を受け(高橋2005), 特に根粒着生の増減が粒大に影響する(松本ら2010)とされることから, 理由の一つに根粒着生の違いが考えられる。今後は連作条件下における根粒活性の年次の知見の集積が必要であろう。

主茎長および最下着莢高とも同様の年次変動を示し, 5作までは年々低くなる傾向にある。主茎長および最下着莢高は個体密度, 施肥条件, 土壌水分などの要因により影響を受けるとされる(昆野1976b)。本試験における個体密度と主茎長または最下着莢高の間には $r=0.47\sim0.66$ ($P>0.05$) の相関があり(第3表), 個体密度が主茎長および最下着莢高に影響を与えていることが示唆される。一方, 本試験における土壌中の可給態窒素量も5作までは低下が大きいなど主茎長と最下着莢高の推移と類似し(坂東ら2010), 可給態窒素量と各項目間には $r=0.73\sim0.81$ の相関がみられることから(第3表), 連作による土壌窒素肥沃度の低下が主茎長および最下着莢高に影響を与えている可能性も示唆される。その他, 主茎長および最下着莢高は土壌水分にも影響を受けるとされ(昆野1976b), 連作が主茎長および最下着莢高の推移とどの程度の強度で関係しているかはさらなる知見の集積が必要と考えられる。最下着莢高は12 cmを下回るとコンバインでの刈残しが多く発生し, 収量に影響を与えるとされる(竹中2005)。本試験で最下着莢高が連作の経過とともに低くなった結果は, 連作が進むにつれコンバインでの収穫ロスが増加し, 収量が減少する懸念を含んでいる。現場で連作を行う際には留意する必要がある。

2. 子実成分

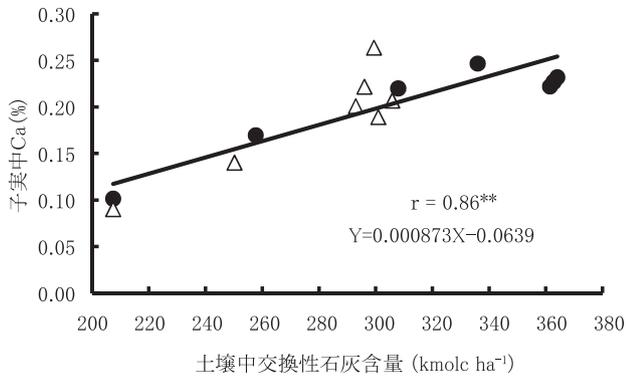
ダイズ子実タンパク質含有率は主要作物の中でもっとも高く, ダイズを原料とした加工食品にはその特徴を活かした食品が数多く存在する。ダイズの子実タンパク質含有率は品種に依存する割合が高いとされるが, 品種間差以外に, 施肥条件(中野ら1987, 渡辺ら1983, 昆野1976a), 播種期(平ら1987)等によっても変動することが知られている。本試験においても栽培の継続とともに土壌の可給態窒素量

第3表 最下着莢高, 主茎長と個体密度, 可給態窒素量との相関係数。

項目	不耕起		耕起	
	最下着莢高	主茎長	最下着莢高	主茎長
個体密度	0.47	0.66	0.64	0.55
可給態窒素量	0.75	0.73	0.81	0.80

可給態窒素量は土壌深さ0-30 cmの総量値(坂東ら2010)。

いずれも $P>0.05$ 。



第4図 土壤中(0-30 cm)交換性石灰含量と子実中Ca含有率との関係。●: 不耕起, △: 耕起。

が低下したことから, 子実タンパク質含有率に影響することが予想されたが, 結果は子実タンパク質含有率に一定の年次傾向および処理間差は認められず, 可給態窒素量を含む土壤化学性の変化との関係を見いだせなかった(第2図e, 第2表)。

ダイズ子実カルシウム含有率は両処理区において4作まで明らかに増加した。この推移は石灰資材の施用により土壤中の交換性石灰含量が両処理区とも増加したことから関係があると考えられたことから, 両者の関係をみたところ, 高い正の相関($r=0.86^{**}$)がみられた(第4図)。また, 両耕起法のプロットはほぼ同じ関係式上にあった。子実カルシウム含有率の7作平均値は不耕起区が耕起区より高い結果となったが, これは石灰資材を表面施用した不耕起区で作土中の交換性石灰含量が高いこと(坂東ら2010)に起因していると考えられた。平ら(1974)は, 子実カルシウム含有率は品種よりも栽培地の寄与率が大きいとしているが, 本試験の結果から, 栽培地の土壤中交換性石灰含量が関係していた可能性が考えられる。子実カルシウム含有率は大豆の主要な加工食品である豆腐の破断強度に影響を与える(Todaら2006)など, 子実品質に関係している。国産ダイズは輸入ダイズに比べ品質のばらつきが大きい(九州沖縄農業研究成果情報2004)とされるが, その原因の一つとして, 土壤の交換性石灰含量の違いが影響している可能性がある。また, ダイズ植物体中のカルシウム含量の増加は茎疫病の発生を抑えるとされ(Sugimotoら2005), ダイズ生産の安定面からも不耕起, 耕起の違いに関係なく, 土壤の交換性石灰含量を適正に調整することが重要と考えられる。

3. 等級

等級について不耕起栽培と耕起栽培を比較検討した事例報告が乏しく, その実態は不明瞭であるが, 収量や大粒率と同じく粗収益に関係する項目として重要である。本試験では3作まで(1作目は欠測)は耕起区に比べ不耕起区の等級が低い傾向がみられた(第2図d)が, 4作以降は両

処理区で差はなかった。3作までの2等以下の格落ち理由は未熟が主要因であった。未熟粒の発生原因は排水対策や肥培管理にあるとされているが詳細は不明であり, 本試験結果においても, 現時点で納得できる説明が難しい。ただ, 連作初期に不耕起区の等級が低かったことは, 不耕起狭畦無培土栽培の導入を考える上で留意する必要があると考えられる。あわせて等級が高い大粒率が不耕起区で低いことも留意すべき点の一つである。

一方, 生産場面ではコンバイン収穫が主流であるため, 土壤や植物汁などが子実表面に付着する汚損粒の発生が懸念される。特に耕起栽培では中耕培土による圃場の凹凸があり, 土が収穫物に混入する可能性が不耕起区に比べて高いこと, また茎の太さが太いために茎水分が残りやすく, 植物汁による汚損が発生しやすいなど, 汚損粒による等級低下のリスクは不耕起よりも高いと考えられている。このため, 手刈り収穫を行った本試験と, 実際の生産場面の等級とは異なる結果になることも予想される。不耕起と耕起の等級比較は生産場面でのより多くの事例収集が必要と考えられる。

謝辞: 鳥取県農林総合研究所の宮田邦夫氏, 稲坂恵美子氏, 金川健祐氏, 西山孝顕氏に研究協力をいただいた。また, 松尾静枝氏, 安東久志氏, 田中洋一氏に調査および分析業務に多大な協力をいただいた。併せて長年にわたり本研究の遂行に理解と協力をいただいた関係各位に深く感謝申し上げる。

引用文献

- 有原文二 2000. ダイズ安定多収の革新技術. 農文協, 東京. 135-141.
- Baker, C.J., K.E. Saxton, W.R. Ritchie, W.C.T. Chamen, D.C. Reicosky, M.F.S. Ribeiro, S.E. Justice and P.R. Hobbs 2005. No-tillage Seeding in Conservation Agriculture. Second edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, London. 6-7.
- 坂東悟・藤山英保 2010. 水田転換畑におけるダイズ不耕起無培土栽培の継続が土壤理化学性に及ぼす影響. 土肥誌 81: 472-480.
- 稲原誠 2006. 富山県の農業と土壤肥料. 土肥誌 77: 241-242.
- 濱口秀生・中山壮一・梅本雅 2004. 汎用型不耕起播種機による大豆不耕起狭畦マニュアル. 中央農業研究センター研究資料 5.4.
- 平春枝・平宏和 1974. 大豆の化学組成と栽培地の関係について. 第5報 品種および栽培地の関係について. 食総研報 29: 21-26.
- 平春枝・田中弘美・広川文彦・宮川敏男 1987. 国産大豆の品質 第13報 同一生態型大豆品種の作期移動による粒重および化学成分組成の変化. 食総研報 50: 22-29.
- 星忍 1982. 根粒の窒素固定. 博友社, 東京. 5-32.
- 磯井俊行・山本幸男 1987. ダイズの初期生育, 根粒形成, 窒素固定能に及ぼすカルシウムの影響. 土肥誌 58: 405-409.
- 昆野昭晨 1976a. ダイズの子実生産機構の生理学的研究. 農技研報 D27: 139-295.
- 昆野昭晨 1976b. II 栄養生長の生理, 生態. 農業技術大系作物編 6. 農文協, 東京. 基 35-52.
- 角田公正・和田純二・佐藤亮一 1965. 輪作方式と施肥効果との関係について. 東北農業研究 7: 101-103.

- 桑山覚 1953. 日本に於ける大豆害虫の分布と害相. 養賢堂, 東京. 129.
- 松本清治・吉川正巳 2010. 転換畑における黒大豆の連作にともなう収量および土壌の化学性の変化. 日作紀 79: 268-274.
- 松村修・波多江政光・北川壽・下坪訓次 1988. 汎用水田における作付け体系と作物生産に関する研究 1. 大豆小麦体系の連続作付けが大豆生育収量, 土壌環境に及ぼす影響. 日作紀 57(別 2): 39-40.
- 三浦憲蔵・青木和彦・田村有希博 2007. 農林水産省農林水産技術会議編, 研究成果 450 (新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究 2 系大豆). 農林水産省農林水産技術会議, 東京. 68-69.
- 長野間宏 1987. 転換畑におけるダイズ多収栽培. 農業技術 42: 501-505.
- 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. ダイズの窒素追肥技術 第 2 報 施肥量と施肥位置の効果. 日作紀 56: 329-336.
- 農林水産技術会議事務局・農林省農事試験場 1975. 大豆調査基準.
- Phillips, R.E., G.W. Thomas, R.L. Blevins, W.W. Frye and S.H. Phillips 1980. No-tillage Agriculture. Science 208: 1108-1113.
- 佐々木紘一 1982. ダイズの収量構成要素の経路分析. 東北農業研究 31: 81-82.
- 関口明・藤原耕治 1976. 水田転換畑における豆類の連作栽培について. 第 2 報 大豆の連作栽培. 北農 43: 1-12.
- 関節朗 1999. パラグアイにおける大豆不耕起栽培 (1). 農及園 74: 1080-1084.
- Sinclair, T.R. and C.T. de Wit 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. Science 189: 565-569.
- 住田弘一・加藤直人・西田瑞彦 2005. 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃度の変化. 東北農研報 103: 39-52.
- 高橋浩之・澁沢梅次郎・飯田克実 1954. 田畑転換に関する研究 第 I 報 転換畑期間に於ける作物の生育並びに収量. 関東東山農試研報 6: 1-37.
- 高橋能彦 1997. 水田転換畑におけるダイズの栄養特性と効率の施肥技術の開発. 新潟アグロノミー 33: 15-28.
- 高橋能彦 2005. I ダイズの窒素施肥と安定多収技術. 土壌肥料学会編, ダイズの生産・品質向上と栄養生理. 博友社, 東京. 11-34.
- 竹中秀行 2005. 収穫適期の判断と収穫方法. 農業技術大系作物編 6. 農文協, 東京. 技 189-195.
- Toda, K., K. Takahashi, T. Ono, K. Kitamura and Y. Nakamura 2006. Variation in the phytic acid content of soybeans and its effect on consistency of tofu made from soybean varieties with high protein content. J. Sci. Food Agri. 86: 212-219.
- 鳥取県農林水産部 2003. 水稲・大豆・麦・小豆栽培指導指針. 鳥取県. 83-105.
- Sugimoto, T., M. Aino, M. Sugimoto and K. Watanabe. 2005. Reduction of Phytophthora stem rot disease on soybeans by the application of CaCl_2 and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Phytopathology 153: 536-543.
- 梅本雅 2008. 転換期における水田農業の展開と経営対応. 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター 総合農業研究叢書 60: 107-125.
- 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.
- 渡辺耕造・上野敏昭・田島信・塩原比佐雄・長谷川英世・石川元一 1989. 畑作ダイズの作付け体系と連作障害回避に関する研究. 埼玉農試研報 43: 44-56.
- 財団法人日本土壌協会 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質, 植物体分析法. 日本土壌協会, 東京. 245-258.

Change in Soybean Yield and Quality during Successive No-Tillage Cultivation in Field Converted from Paddy : Satoru BANDO¹⁾ and Hideyasu FUJIMAMA²⁾ (¹⁾Tottori Pref. Agric. and Forest Res. Ins. Agric. Res. Cent., Hashimoto, Tottori 260, Japan; ²⁾Tottori Univ.)

Abstract : No-tillage cultivation without molding (NTC) of soybean, which decreases the instability of yield and improves the profitability compared with conventional cultivation (CVC) has spread among large-scale farmers. In Japan, however, due to few experiments on NTC, its advantage is not well recognized. To evaluate successive NTC in the field converted from paddy, we investigated the changes in the growth, yield and quality of soybean (Tamahomare) for 7 years (2003-2009) under NTC and CVC. There was no serious damage by diseases or pests during the period. Total C and available N in soil (0-30 cm) greatly decreased. There was no difference in yield between NTC and CVC, the average yield being 320 g m⁻². The change in yield during the successive cultivation tended to be larger in CVC than in NTC. In both NTC and CVC, seed protein content varied with the year, but there was no difference in the protein content between NTC and CVC. A high correlation was observed between Ca content of seed and ex-CaO in 0-30 cm soil ($r=0.86^{**}$) in both NTC and CVC. Ca content of seed increased during the successive cultivation, and at the fifth harvest was about 2.5 times that in the first year. In addition, the average Ca content of seed was higher in NTC than in CVC, which might be due to the difference in soil management. In NTC, 100-seeds weight, large-seed rate, stem thickness and number of pods per plant were lower, but the number of pods m⁻² was higher than in CVC, which might be due to the difference in planting density.

Key words : Continuous cultivation, No-tillage, Seed quality, Soybean, Yield.