

淡色黒ボク土における30年間の有機物 (牛ふんバーク堆肥および収穫残さ) 連用が畑作物の収量および品質に及ぼす影響

中津 智史*¹ 田村 元*²

北海道十勝地域の淡色黒ボク土圃場において、堆肥施用と収穫残さの還元を組み合わせた有機物処理を30年間継続し、21～30年目におけるテンサイ、ダイズ、春まきコムギ、バレイショの収量および品質に及ぼす影響を検討した。有機物施用に対する収量や窒素吸収量の反応が最も大きかったのはテンサイで、生育期間が長いことが影響していた。一方、有機物施用に対する反応が最も小さかったのはダイズで、窒素の供給源として根粒窒素に依存する部分が大きいためと考えられた。有機物施用による窒素供給量の多い区ほど、テンサイ糖分およびバレイショでん粉価は低下した。コムギ蛋白は窒素供給量が多いほど高まったが、ダイズ蛋白ではそのような傾向は認められなかった。各作物における見かけの堆肥由来窒素利用率はテンサイで最も高く51%と見積もられた。次いでコムギで24%、バレイショで16%、ダイズで7%と見積もられた。収穫残さ中窒素の利用率も、堆肥中窒素の場合と同様にテンサイで高く、ダイズで低かった。

緒 言

畑地に対する堆肥等有機物の施用は、土壤の理化学性や各種養分供給能の向上などにより、作物の収量性を高めることが知られている²⁴⁾。一方、過剰な施用は土壤への窒素負荷を招くとともに、作物の品質を低下させることも指摘されている^{11,22)}。したがって、畑土壌への有機物の施用効果や適正な施用量を判断するためには、土壤、環境、作物収量、品質などを考慮した多面的な評価が必要となる。また、有機物の施用効果は気象条件や年次によって変動することから、長期にわたる継続的な試験研究が必要となる。

このような観点から、全国的に多数の長期有機物連用試験が実施されている^{7,21)}。北海道でも代表的な畑作地帯である十勝地域で、テンサイ、ダイズ、春まきコムギ、バレイショを用いて、1975年から有機物(牛ふんバーク堆肥および収穫残さ)の施用処理試験が継続され、30年以上が経過している。この試験のうち、前報¹²⁾では有機物連用が土壤中全炭素・全窒素を高めるととも

に、土壤物理性の改善に寄与することを報告した。また、1996年には、連用20年目までの有機物施用が収量に及ぼす影響や、有機物由来窒素量に関する知見が報告されたが³⁾、その後の推移については未検討であった。さらに、有機物連用が畑作物の品質に及ぼす影響についても十分な解析がなされていなかった。

畑作物の品質を概観すると、テンサイ糖分は砂糖の収率に、バレイショでん粉価はでん粉の収率に直接影響することから、これらは非常に重要な品質指標であり、一定の基準値以下(糖分 171gkg^{-1} 、でん粉価 174gkg^{-1})では買い上げ単価が下落する。また、でん粉価はポテトチップスなどの加工適性¹⁹⁾やサラダなどの調理適性⁹⁾にも大きな影響を及ぼすことが知られている。コムギ子実蛋白含有率(以下、コムギ蛋白と略す)はうどんやパンなどの加工適性に大きな影響を及ぼすことから、主たる用途毎に基準値が設定されている²⁾。ダイズ子実蛋白含有率(以下、ダイズ蛋白と略す)も豆腐の加工適性と密接に関連し、高蛋白なほど豆腐の硬さが高まる^{8,20)}。このように、畑作物の品質は収益性や加工適性に大きな影響を及ぼす重要な項目であるが、有機物の長期連用とこれら品質との関係を検討した研究事例は少ないのが現状である。

以上のことから、本報告では30年間にわたる有機物連用が畑作物の収量・品質に及ぼす影響と、有機物中窒素の利用率について、連用21～30年を対象に解析を

2009年10月1日受理

*¹ 北海道立十勝農業試験場(現:北海道立中央農業試験場, 069-1395 北海道夕張郡長沼町)

E-mail:nakatuss@agri.pref.hokkaido.jp

*² 北海道立十勝農業試験場(082-0071 北海道河西郡芽室町)

行った。

試験方法

1) 有機物連用試験の概要

1975年、北海道立十勝農業試験場内（淡色黒ボク土）の4年輪作（テンサイ→ダイズ→春まきコムギ→パレイショ）圃場において、牛ふんパーク堆肥（以下、堆肥と略す）の施用量と収穫残さのすき込みを組み合わせた6処理区を設定した（表1）。試験内容の詳細は前報¹²⁾に記載したが、C区（対照）は堆肥を施用せず、根以外の収穫残さも持ち出した。M区と2M区は収穫残さを持ち出し、堆肥を現物で年にそれぞれ15Mgha⁻¹、30Mgha⁻¹施用した。R区は堆肥を施用せず、各作物の収穫残さをすき込んだ。Rm区およびRM区は収穫残さのすき込みのほかに、堆肥現物15Mgha⁻¹をそれぞれ4年に一度あるいは毎年施用した。残さと堆肥を合わせた乾物換算の年間平均有機物施用量は、C区では0Mgha⁻¹、M区と2M区

はそれぞれ4.7Mgha⁻¹、9.4Mgha⁻¹となり、R、Rm、RM区ではそれぞれ3.6、5.0、8.7Mgha⁻¹となる。

化学肥料は全処理区共通に施用し、施肥量はほぼ北海道施肥ガイド⁴⁾に準拠した（表2）。化学肥料、収穫残さおよび堆肥に含まれる窒素の合計を窒素供給量とすると、C区では施肥由来窒素のみで83kgha⁻¹となる（表3）。M区と2M区はこれに堆肥由来窒素量が付加され、それぞれ171kgha⁻¹、260kgha⁻¹となる。R、Rm、RM区では収穫残さ由来の窒素38~49kgha⁻¹と堆肥由来窒素が付加され、それぞれ120、148、220kgha⁻¹となる。

各作物の供試品種は、テンサイでは試験期間中7品種が使われ、ダイズは1976年~1993年が「トヨスズ」で、その後は「トヨムスメ」であった。春まきコムギ（以下、コムギと略す）は1976年~1980年が「ハルミノリ」、1981年~1986年が「ハルヒカリ」で、その後は「ハルユタカ」を用いた。パレイショは試験期間を通し

表1 有機物処理の内容と年間平均有機物施用量（乾物kgha⁻¹）

処理区 略記号	収穫残さ	堆肥	収穫残さ由来					堆肥 由来	全体 計
			テンサイ	ダイズ	コムギ	パレイショ	計		
C	持ち出し	無施用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M	〃	毎年15Mgha ⁻¹ を連用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	4.7
2M	〃	毎年30Mgha ⁻¹ を連用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	9.4
R	すき込み	無施用	1.6	0.6	1.3	0.0	3.6	0.0	3.6
Rm	〃	4年に1度、15Mgha ⁻¹ を施用	1.8	0.6	1.4	0.0	3.8	1.2	5.0
RM	〃	毎年15Mgha ⁻¹ を連用	1.9	0.6	1.5	0.0	4.0	4.7	8.7

表2 化学肥料施用量（成分kgha⁻¹）と供試作物の播種・収穫時期

作物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	播種・移植期	収穫期	圃場生育期間
テンサイ	150	315	210	4月下旬	10月上旬	約160日
ダイズ	20	167	87	5月下旬	10月上旬	約130日
コムギ	80	133	67	4月下旬	8月中旬	約110日
パレイショ	80	200	140	4月下旬	9月下旬	約150日
平均	83	204	126			

北海道施肥ガイド⁴⁾に準じ、化成肥料を用いて施用した。

表3 年間平均窒素供給量（Nkgha⁻¹）

処理区 略記号	施肥 由来	収穫残さ由来					堆肥 由来	全体 計
		テンサイ	ダイズ	コムギ	パレイショ	計		
C	83	0	0	0	0	0	83	
M	83	0	0	0	0	0	89	
2M	83	0	0	0	0	0	177	
R	83	25	5	8	0	38	120	
Rm	83	30	5	8	0	43	148	
RM	83	34	5	10	0	49	220	

全窒素ベースで表示。

て「農林1号」を用いた。

テンサイは紙筒を用いて育苗し、4月下旬に圃場に移植した(表2)。コムギ、バレイショの播種期は4月下旬で、ダイズはそれらよりも1ヶ月遅い5月下旬であった。収穫期はコムギ(8月中旬)、バレイショ(9月下旬)、テンサイ・ダイズ(10月上旬)の順で、圃場での生育期間はコムギが最も短く約110日、ダイズが約130日、バレイショが約150日、テンサイが最も長く約160日であった。

2) 調査・分析方法

各処理区の試験規模は1区150m²の1反復とした。収量調査は1区につき2反復で、3~4m²の坪刈りを実施した。収穫したテンサイは茎葉部と根部に分け、根部は生重測定後、糖分を分析した。ダイズおよびコムギは脱穀により子実とその他の部位に分けた。収穫期のバレイショ茎葉はほぼ枯ちようしているため塊茎だけを掘りとり、生重測定後にでん粉価を分析した。いずれの部位も、70℃乾燥後の乾物重を測定するとともに、粉碎試料についてケルダール分解を行い、窒素含有率を求めた⁵⁾。各作物の窒素吸収量は、テンサイでは茎葉と根部、コムギ・大豆では茎葉と子実、バレイショでは塊茎について、それぞれの収穫期の乾物重に窒素含有率を乗じて算出した。コムギ蛋白は窒素含有率に蛋白換算係数5.7を乗じて、水分13.5%ベースで示した¹⁵⁾。ダイズ蛋白は窒素含有率に蛋白換算係数6.25を乗じて、乾物ベースで示した¹⁸⁾。

結果および考察

1) 有機物連用が畑作物の収量に及ぼす影響

表4に21~30年の各処理区における収量の平均値と、C区を100とした比率を示した。テンサイ根の平均収量は61.4Mgha⁻¹で、C区が52.6Mgha⁻¹と最も低く、R区も57.2Mgha⁻¹とやや低く、Rm区およびM区がそれに続き、RM区および2M区は66Mgha⁻¹以上と多収を示し

た。ダイズ子実収量、コムギ子実収量、バレイショ塊茎収量についてもテンサイの場合とほぼ同様に、有機物施用量の多い2M区で増収する傾向が認められたが、その程度は作物によって異なっていた。

堆肥などの有機物施用が作物に増収をもたらす要因は多岐にわたり、前報¹²⁾で報告したように土壌物理性の改善効果も寄与していると考えられるが、有機物からの窒素供給が最も大きい理由と考えられる²⁴⁾。そこで、表3で示された窒素供給量(化学肥料、収穫残さおよび堆肥に含まれる窒素の合計)と各処理区の収量比(C区を100とした比率)との関係を解析した(図1)。テンサイの収量比と窒素供給量との間には $r=0.970^{**}$ ($n=6$, 1%水準で有意)の高い正の相関が認められ、有機物施用量が多いRM区および2M区ではC区より約30%増収していた。バレイショでも $r=0.994^{**}$ の高い正の相関が認められ、RM区および2M区ではおよそ20%の増収が認められた。コムギでは $r=0.830^{*}$ と5%水準で有意な正の相関が認められ、有機物施用により最大13%増収していた。ダイズにおいても $r=0.876^{*}$ と5%水準で有意な正の相関が認められたが、増収幅は最大9%と小さかった。このように、有機物施用が収量に及ぼす影響は作物によって異なり、テンサイで最も大きく、バレイショ、コムギがそれに続き、ダイズではその効果が小さかった。

2) 有機物連用が畑作物の品質に及ぼす影響

表5に各処理区のテンサイ糖分、ダイズ蛋白、コムギ蛋白およびバレイショでん粉価の平均値と、C区を100とした比率(%)を示した。また、図2では窒素供給量とC区を100とした比率(%)との相関を検討した。

テンサイ糖分およびバレイショでん粉価は窒素供給量と高い負の相関(糖分で $r=-0.988^{**}$ 、でん粉価で $r=-0.962^{**}$ 、いずれも $n=6$, 1%水準で有意、図2)が認められ、有機物施用量が多い2M区ではC区と比較して糖分で6%、でん粉価で9%低下していた。このた

表4 各処理区のテンサイ根、ダイズ子実、コムギ子実およびバレイショ塊茎収量

処理区 略記号	テンサイ根		ダイズ子実		コムギ子実		バレイショ塊茎	
	Mgha ⁻¹	同左比	Mgha ⁻¹	同左比	Mgha ⁻¹	同左比	Mgha ⁻¹	同左比
C	52.6a	100	2.89ab	100	3.55a	100	41.3a	100
M	62.9 c	120	3.08 cd	107	4.00 bc	113	46.2 bcd	112
2M	67.8 d	129	3.15 d	109	4.02 c	113	49.9 e	121
R	57.2 b	109	2.86a	99	3.80 b	107	43.3ab	105
Rm	61.6 c	117	2.95abc	102	3.85 bc	108	45.1 bc	109
RM	66.1 d	126	3.03 bcd	105	3.89 bc	110	49.2 de	119
平均	61.4		2.99		3.85		45.8	

21~30年目における平均値。異なるアルファベット間では5%水準で有意差があることを示す(Tukey法)。同左比はC区を100とした比率(%)。

表5 各処理区のテンサイ糖分, ダイズ蛋白, コムギ蛋白およびバレイショでん粉価

処理区 略記号	テンサイ糖分		ダイズ蛋白		コムギ蛋白		バレイショでん粉価	
	gkg ⁻¹	同左比	gkg ⁻¹	同左比	gkg ⁻¹	同左比	gkg ⁻¹	同左比
C	174 d	100	424 c	100	123a	100	179 c	100
M	170 c	98	421abc	99	133 b	108	172 b	96
2M	163a	94	416ab	98	139 c	112	162a	91
R	171 c	99	422 bc	100	134 bc	109	172 b	97
Rm	170 c	98	414ab	98	135 bc	110	170 b	95
RM	166 b	96	413a	97	137 bc	111	165a	92
平均	169		418		134		170	
基準値	171以上		—		115~140		174以上	

21~30年目における平均値。異なるアルファベット間では5%水準で有意差があることを示す (Tukey法)。同左比はC区を100とした比率 (%)。

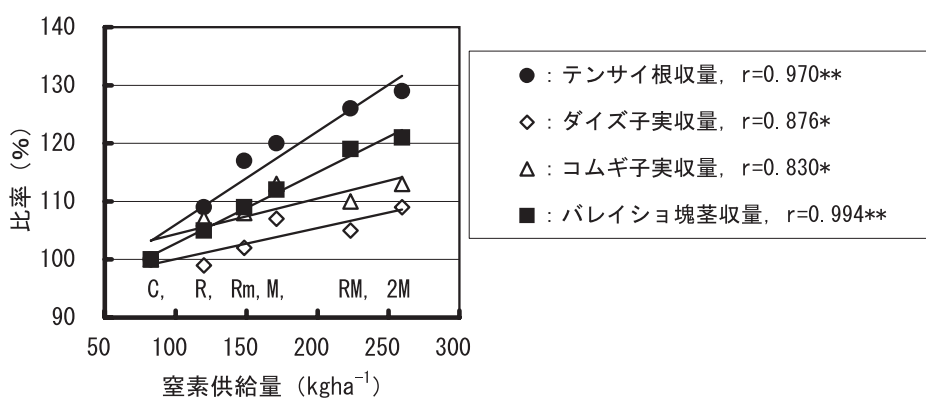


図1 窒素供給量と収量比との関係 (21~30年における平均値)

比率 (%) はC区を100とした値。X軸上の記号は処理区略記号。

**, *: それぞれ1%, 5%水準で有意。いずれもn=6。

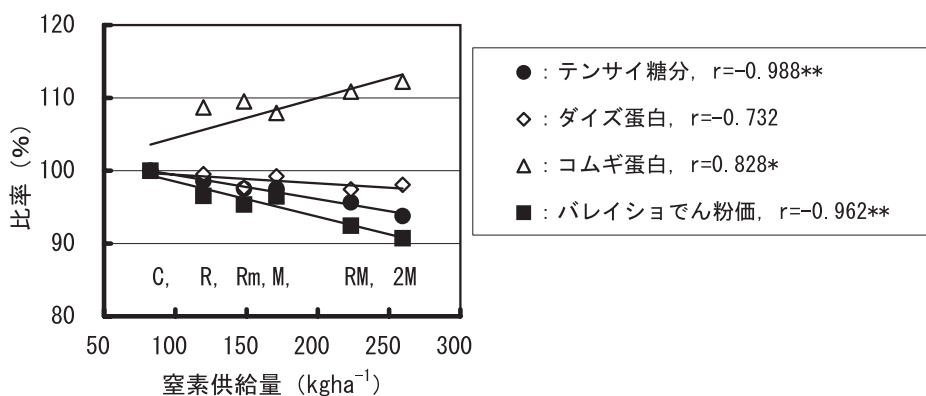


図2 窒素供給量とテンサイ糖分, ダイズ蛋白, コムギ蛋白, バレイショでん粉価との関係 (21~30年における平均値)

比率 (%) はC区を100とした値。X軸上の記号は処理区略記号。

**, *: それぞれ1%, 5%水準で有意。いずれもn=6。

め, C区のテンサイ糖分が174gkg⁻¹で基準値 (171gkg⁻¹) を上回っていたのに対して, 2M区 (163gkg⁻¹) やRM区 (166gkg⁻¹) ではこの値を下回っていた (表5)。バレイショでん粉価においても同様に,

C区が179gkg⁻¹で基準値 (174gkg⁻¹) を上回っていたのに対して, 2M区 (162gkg⁻¹) やRM区 (165gkg⁻¹) ではこの値を大きく下回っていた。

堆肥などの有機物施用が糖分¹⁴⁾やでん粉価¹³⁾を低下さ

せることは、これまでもよく知られており、その要因として、窒素供給の増加により地上部生育が旺盛となる一方、根部への光合成産物の転流が相対的に低下するためと考えられる。したがって、これらの根菜類においては、窒素の過剰施肥を避けることや、堆肥等の有機物施用時には窒素施肥を控えることが重要とされている^{16,19)}。

コムギ蛋白は窒素供給量と $r=0.828^*(n=6, 5\%$ 水準で有意) の正の相関が認められ、C区の 123gkg^{-1} に対して、2M区では 139gkg^{-1} と12%高まっていた(図2および表5)。追肥により生育後期に窒素が供給されるとコムギ蛋白が高まることは既に多くの試験で確認されているが^{1,17)}、堆肥等の有機物を施用した場合も、生育後期に窒素が供給されるため、同様の効果を示したと考えられる。ただし、有機物を最も多く施用した2M区の平均蛋白含有率は 139gkg^{-1} で、パン用コムギの蛋白の上限値である 140gkg^{-1} に近く、年次によっては最大 158gkg^{-1} と上限値を大きく超えており、蛋白過剰傾向であった。

ダイズ蛋白は窒素供給量と有意な相関は認められなかったが、C区の 424gkg^{-1} に対して、RM区や2M区では $413\sim 416\text{gkg}^{-1}$ と2~3%低下する傾向が認められた(図2および表5)。有機物施用が子実蛋白に及ぼす影響について、コムギとダイズで反応が異なった点については、後述するようにダイズでは根粒による窒素固定に依存する割合が高いためと考えられる。過去の調査結果においても、窒素増肥や追肥がダイズ蛋白に及ぼす影響は小さく、品種や栽培地・年次の影響がより大きいことが報告されている¹⁸⁾。

3) 有機物連用が畑作物の窒素吸収量に及ぼす影響と有機物中窒素の利用効率

表6に各処理区における作物体窒素吸収量の平均値とC区を100とした比率を示した。テンサイの平均窒素吸収量は 175kg ha^{-1} で、C区が 129kg ha^{-1} と低かったのに対して、2M区は 219kg ha^{-1} と70%も多く吸収していた。ダイズの平均窒素吸収量は 180kg ha^{-1} で、テンサイと同程度の吸収量を示したが、処理間差は非常に小さく、C区と2M区との差は7%程度であった。コムギの平均窒素吸収量は 120kg ha^{-1} で、C区の 95kg ha^{-1} に対して、2M区は 137kg ha^{-1} で44%多く吸収していた。バレイショの平均窒素吸収量は 108kg ha^{-1} で、C区の 94kg ha^{-1} に対して、2M区は 123kg ha^{-1} で30%多く吸収していた。

このようにダイズでは有機物施肥量が多くても窒素含有量は高まらず増収効果および蛋白上昇効果も小さかったが、この理由としてダイズの場合、窒素の供給源を根粒に依存する部分が多いと考えられる。吉田²⁵⁾はポット試験において大量の堆肥を施用した場合でも、ダ

イズは根粒による固定窒素に依存する割合が最も大きいことを指摘している。このため、根粒が正常に着生する条件においては、ダイズの適正な窒素施肥量は 20kg ha^{-1} 程度と他の作物よりも少なく、化学肥料窒素を多肥しても増収効果は小さいとされている²³⁾。

テンサイにおいては有機物施用に対する反応がコムギやバレイショよりも大きかったが、これには生育期間の長さが影響していると考えられる。一般に有機物や土壌からの窒素供給は土壌微生物の作用によるため、温度条件の影響を強く受け高温ほど供給量は増す¹⁰⁾。特に春季に地温の低い北海道においては、有機物からの窒素供給も緩慢なため、生育期間が長い作物ほど有機物からの窒素を有効利用できると考えられる。そこで3作物の圃場生育期間を比較すると(表2)、テンサイは約160日で、コムギの約110日、バレイショの約150日より長く、有機物から放出される窒素を利用する上で有利だったといえる。

北海道施肥ガイド⁴⁾では堆肥の連用年数によって窒素減肥可能量を変えており、現物当たりの全窒素含有量が 5.0kg Mg^{-1} 程度の堆肥を想定した場合、単年度施用では堆肥現物1Mgあたり窒素1kg、連用5~10年では2kg、10年以上連用では3kgが減肥可能としている。これは、連用が進むほど土壌の窒素肥沃度が高まり、堆肥から供給される窒素量も増加するためである。ただしこれらの値は、テンサイ等の生育期間の長い作物を対象とした場合の最大減肥可能量と定義されている。

堆肥中窒素の利用程度の作物間差を明らかにするため、連用20~30年における堆肥由来窒素吸収量を算出した。堆肥由来窒素吸収量は2M区の窒素吸収量からC区の窒素吸収量を差し引き、堆肥1Mg当たりの窒素吸収量の増分に換算したものである(表7)。堆肥由来窒素吸収量が最も大きいのはテンサイで、堆肥1Mgあたり窒素 3.0kg 多く吸収していた。一方、コムギにおける堆肥由来窒素量の平均は 1.4kg 、バレイショでは 0.9kg とやや低く、ダイズでは平均 0.4kg と最も低く、年によっては見かけ上負の値を示した。

テンサイで堆肥由来窒素吸収量が最も大きかった要因としては、前述のように生育期間が長いことが影響しており、ダイズで最も低かったのは根粒による固定窒素に依存していることが影響していると考えられる。バレイショにおいては、増収効果がコムギよりも優っていたのに(図1および表4)、堆肥由来窒素吸収量がコムギよりも低かった要因として、窒素吸収量の調査時期の影響が考えられる。すなわち、本試験では収穫期のバレイショ塊茎を採取・分析して窒素吸収量を算出しているが、バレイショの最大生育期は8月上旬で、茎葉と塊茎を含めた窒素吸収量は収穫期よりも2~3割高いことが知ら

表6 各処理区の収穫期作物体窒素吸収量の平均値

処理区 略記号	テンサイ		ダイズ		コムギ		バレイショ	
	kg ha^{-1}	同左比	kg ha^{-1}	同左比	kg ha^{-1}	同左比	kg ha^{-1}	同左比
C	129a	100	176a	100	95a	100	94a	100
M	167 c	129	185 bc	105	120 b	127	109 cd	115
2M	219 d	170	187 c	107	137 c	144	123 e	130
R	151 b	117	174a	99	116 b	122	99ab	105
Rm	178 c	138	175a	100	120 b	127	104 bc	110
RM	206 d	160	182abc	103	133 c	140	117 de	124
平均	175		180		120		108	

21～30年目における平均値。異なるアルファベット間では5%水準で有意差があることを示す (Tukey法)。同左比はC区を100とした比率 (%)。

表7 各作物における堆肥1Mg当たり窒素吸収増加量 (NkgMg $^{-1}$)

	テンサイ	ダイズ	コムギ	バレイショ
平均値	3.0	0.4	1.4	0.9
標準偏差	0.5	0.7	0.7	0.6

21～30年目における平均値。

表8 堆肥および収穫残さ中窒素の見かけの利用率 (%)

有機物	テンサイ	ダイズ	コムギ	バレイショ	平均
堆肥	50.8	6.5	23.8	16.1	24.3
収穫残さ	58.8	-5.9	54.9	12.2	30.0

21～30年目における平均値。

れている⁹⁾。また、堆肥からの窒素供給の影響は地上部生育 (茎葉) により大きく現れることから、最大生育期の窒素吸収量で検討した場合、堆肥由来窒素吸収量は本試験結果よりも大きく算出される可能性が高い。したがって、以下で検討する堆肥および収穫残さ中窒素の見かけの利用率についても、バレイショは低めに算出されている可能性があることを留意する必要がある。

堆肥中窒素の見かけ利用率については、2M区におけるC区に対する窒素吸収増加量を堆肥由来窒素供給量 (177kg ha^{-1}) で除し、百分率 (%) で示した。収穫残さ中窒素の見かけの窒素利用率については、R区におけるC区に対する窒素吸収増加量を収穫残さ由来の平均窒素供給量 (38kg ha^{-1}) で除し、百分率 (%) で示した。

堆肥中窒素の見かけの利用率はテンサイが50.8%と最も高く、コムギが23.8%、バレイショが16.1%でそれに続き、ダイズが6.5%と最も低く、4作物平均で24.3%であった (表8)。収穫残さ中窒素の見かけの利用率もテンサイが58.8%と最も高く、ダイズが最も低かった。4作物を平均した収穫残さ中窒素の利用率は30.0%で、堆肥と同等以上の値を示した。したがって、収穫残さ (テンサイ、ダイズおよびコムギの茎葉) に含まれる窒

素も、長期連用された場合は堆肥中窒素と同程度作物に利用されるものと考えられる。

以上のように、堆肥や収穫残さなどの有機物連用はテンサイ、コムギ、バレイショに増収をもたらすが、適切な化学肥料の減肥を行わない場合には、土壌窒素の過剰供給により品質上の問題を引き起こすことが明らかとなった。このことは、畑土壌における有機物管理や高品質な畑作物の生産の上で重要な知見といえる。

謝 辞 本研究は主として農林水産省の土壌保全事業 (土壌環境基礎調査) により実施されたものである。本研究を実施するに当たり、十勝農業試験場土壌肥料科 (現栽培環境科) の職員、臨時職員および圃場管理に携わるたくさんの方々にご協力いただいた。また、本稿をとりまとめるにあたり、北海道立中央農業試験場環境保全部、元部長木曾誠二博士 (現上川農業試験場天北支場長) および環境保全部長志賀弘行博士にご校閲いただいた。以上の各位に心からの謝意を表する。

引用文献

- 1) Ayoub, M., Guertin, S., Fregeau-Reid, J. and Smith, D. L. "Nitrogen fertilizer effect on breadmaking quality of hard red spring wheat in eastern Canada". *Crop science*. 34, 1346-1352 (1994)
- 2) 北海道米麦改良協会. "新しい小麦づくり". 2004. p. 8-12.
- 3) 北海道農政部. "有機物20年連用畑圃場における養分収支からみた有機物管理法". 平成8年普及奨励ならびに指導参考事項. 1996, p. 346-348
- 4) 北海道農政部編. "北海道施肥ガイド". 2002, p. 33-68
- 5) 北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課編. "土壌および作物栄養の診断基準—分析法 (改訂版)—". 1992, p. 32-38, p. 84-85

- 6) 北海道立中央農業試験場監修.“ やさしい施肥管理の手引き—畑作物編—”. ホクレン. 2004, p.66-67
- 7) 金森哲夫.“ 国公立農業関係試験研究機関における有機物・肥料等の長期連用圃場試験の概要”. 農業研究センター研究資料42, 1-10 (2000)
- 8) 古賀伸久, 土田勝一, 中野寛.“ 北海道中央部の水田転換畑における大豆の豆腐破断強度とその変動要因”. 日本土壤肥科学雑誌, 78, 163-169 (2007)
- 9) 小宮山誠一, 目黒孝司, 加藤淳, 山本愛子, 山口敦子, 吉田真弓.“ ジャガイモのデンプン含量が調理特性に及ぼす影響”. 日本調理科学会誌. 35, 336-342 (2002)
- 10) 金野隆光, 杉原進.“ 土壤生物活性への温度影響の指標化と土壤有機物分解への応用”. 農業環境技術研究所報告1. 1986, p.51-68
- 11) 中津智史, 東田修司, 山神正弘.“ 淡色黒ボク土壌における堆きゅう肥の連用が畑作物の収量・品質および土壌環境に及ぼす影響”. 日本土壤肥科学雑誌. 71, 97-100 (2000)
- 12) 中津智史, 田村元.“ 30年間の有機物(牛ふんパーク堆肥および収穫残さ)連用が北海道の淡色黒ボク土の全炭素, 全窒素および物理性に及ぼす影響”. 日本土壤肥科学雑誌. 79, 139-145 (2008)
- 13) 西部幸男.“ バレイショにおける加工向品質とその栽培法”. 日本作物学会紀事. 55, 120-125 (1986)
- 14) 野村信史, 松崎康範, 柳沢朗, 奥村正敏, 三分一敬, 吉田俊幸.“ 堆肥と施肥量がテンサイの生育, 収量および品質に及ぼす影響 1. 施肥水準別の堆肥施用後の効果”. てん菜研究会報. 29, 133-140 (1987)
- 15) 農林水産技術会議事務局.“ 小麦品質検定法—小麦育種試験における—”. 研究成果シリーズ35, 1968, p.15-19
- 16) 奥村正敏, 松崎康範, 野村信史, 相馬暁.“ テンサイの糖分向上と施肥窒素および堆肥の相互関係”. 北海道立農試集報. 59, 21-29 (1989)
- 17) 佐藤導謙, 土屋俊雄.“ 北海道中央部における春播コムギの初冬播栽培に関する研究—窒素施用法が収量および子実粗タンパク質含有率に及ぼす影響—”. 日本作物学会紀事. 71, 455-462 (2002)
- 18) 平春枝.“ 国産大豆の品質特性とその変動要因の解明”. 日本食品工業学会誌. 33, 122-133 (1992)
- 19) 谷口健雄.“ 加工用バレイショの肥培管理と品質”. 日本土壤肥科学雑誌. 63, 723-727 (1992)
- 20) 谷藤健, 加藤淳.“ 北海道産大豆の成分特性および豆腐加工適性の評価”. 北海道立農業試験場集報. 86, 39-46 (2004)
- 21) 上沢正志.“ 化学肥料・有機物の連用が土壌・作物収量に与える影響の全国的解析”. 農業技術. 46, 393-397 (1991)
- 22) 上沢正志.“ 有機物施用の環境的許容限界と地力維持”. 農業および園芸. 73, 211-215 (1998)
- 23) 渡辺巖.“ 大豆に窒素追肥は必要か 昭和54~56年各県農試の成績概要から”. 農業技術. 37, 491-495 (1982)
- 24) 吉田重方, 佳山良正.“ 鉍質畑地における厩肥の施用効果 とくに畑作物の収量, 品質におよぼす厩肥施用の影響について”. 肥料科学. 2, 35-64 (1979)
- 25) 吉田重方.“ ダイズの窒素栄養におよぼす堆肥施用の影響”. 日本作物学会紀事. 48, 17-24 (1979)

Effects of Thirty Years of Continuous Application of Organic Matter (Cattle Manure with Bark and Crop residues) on Yield and Quality of Upland Crops in Light Colored Andosol in Hokkaido

Satoshi NAKATSU*¹ and Hajime TAMURA*²

Summary

Manure and crop residues have been applied to upland fields in a light colored Andosol in Hokkaido for a period of thirty years. The cropping system consisted of sugar beets, soy beans, spring wheat and potatoes. Changes in yield and quality of these crops in the third decade were investigated in relationship to the application rates of organic matter. Application of organic matter improved yields and the content of total nitrogen of all crops. Especially, yield and nitrogen uptake of sugar beets were obviously increased by application of organic matter. This was because sugar beets had a longer growth period and were able to utilize a greater amount of the nitrogen released from soil and applied organic matter. In case of soybeans, the influence of organic matter on yield and nitrogen content was not great; because nitrogen uptake depended mainly on root nodules. The sugar concentration of sugar beets and the starch concentration in potatoes were decreased by the increase of nitrogen supply with the application of organic matter. Protein concentration in wheat grains was positively correlated with the total nitrogen application rate. But, no significant correlation was found between protein concentration in soybean grains and the total nitrogen application rate. Nitrogen availability of cattle manure for sugar beets, wheat, potatoes and soybeans was estimated as 51%, 24%, 16% and 7%, respectively. Crop residues showed the similar order of nitrogen availability for the crops as the manure.

*¹ Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395)

E-mail:nakatuss@agri.pref.hokkaido.jp

*² Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station (Memuro, Hokkaido, 082-0071)