

The Field Study on the Yield of Soybean in Upland Field Converted from Paddy Field of the Central Hokkaido Region

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): field study, Hokkaido, soil physical and chemical properties, soybean, yield 作成者: 中村, 卓司, 村上, 則幸, 辻, 博之, 岡, 紀邦, 岡崎, 圭毅, 森本, 晶 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00002280

北海道道央地域の水田転換畑における大豆生産性と栽培管理および 土壌理化学性の実態

中村卓司¹⁾・村上則幸¹⁾・辻博之¹⁾・岡紀邦¹⁾・岡崎圭毅²⁾・森本晶¹⁾

摘 要

北海道では水田転換畑での大豆栽培面積は拡大しているが、その生産現場の状況についての情報は少ない。このことから水田転換畑での大豆の生産における状況を明らかにするため、農林水産統計情報を解析し、新篠津村と士別市・剣淵町において大豆栽培に関するアンケート調査、土壌理化学性および収量性の関係について現地調査を実施した。(1) 農林水産統計情報を解析した結果、北海道の大豆生産において過去20年間(1994~2013)の収量は、それ以前の46年間(1948~1993)が漸増傾向にあったのと比較して、ほとんど増加せず、停滞している。また、調査対象地域の新篠津村、士別市・剣淵町の大豆収量は過去20年間で低下しており、特に新篠津村では大きく低下した。(2) 農業改良普及センターおよび地域営農組織を通じた事前聞き取りから収量低下および収量維持圃場であると生産者から回答が得られた圃場について、アンケート調査を行った結果、調査対象のどの生産者も大豆の作付面積が増大し、虫害や雑草害を問題視していた。生産者が収量が低下したと回答した圃場は手取り除草を行う傾向にあった。(3) 上記組織への事前聞き取りでの収量低下圃場では、収量維持圃場と比較して、大豆の収量が低下し、個体数、100粒重と節数が収量へ悪影響を及ぼしていた。(4) 土壌pHと交換性加里は大豆収量と正の相関があった。また、過去5年間の大豆作付回数と土壌pHと交換性加里に正の相関が見られた。同様に、小麦作付回数と交換性加里に正の相関が見られた。

キーワード：現地調査、収量、大豆、土壌理化学性、北海道

I. 緒 言

日本において北海道の大豆作付面積は全国の約19%で、その収穫量は全国の約27%を占め、収量も都道府県の中で1位である(農林水産省 2013a)。日本国内では北海道は大豆収量の高い地域であるが、海外の多収事例には遠く及ばない上に、アメリカや南米での国全体の大豆収量と比較しても低い状態にとどまっている(島田ら 2013)。アメリカでは大豆収量を向上させるため、早期播種や狭畦密植栽培などの栽培技術や土壌診断を基にした土壌管理の適正化を行ってきている(島田ら 2013)。しかし、北海道の大豆栽培にこれらの技術を導入しても栽培環境が異なることから、すぐ増収につながるとは考えにくい。北海道の大豆収量の向上のためには大豆生産現場の現状を把握し、その状況に合わせた技術の導

入が必要である。

水稻の生産調整によって大豆は転作作物として位置づけられ、1970年代から水田転換畑での大豆の栽培が増大し、近年では全国の大豆栽培面積の80%以上が水田転換畑で行われている。北海道では、水田転換畑で行われている大豆栽培面積は2001年以降畑作のそれを上回り、2013年時点で大豆栽培面積の56%が水田転換畑で大豆が生産されている(農林水産省 2013a)。このため、北海道の水田転換畑での大豆生産性の向上も重要になってきている。近年、田畑輪換や畑作においても、過度な大豆の作付けにより地力の低下が見られ(Varvel 1994, 住田ら 2005, 西田 2010)、水田での畑作導入回数が増加すると可給態窒素が低下することや、土壌有機物も減耗することが報告されている(新良 2010)。また、住田ら(2005)は水田輪作で大豆を作付けすると土壌中の有機物が減少し、徐々に土壌の固相率、仮比重が高まり、物理性が悪化することを示した。これ

まで北海道は数年おきに起こる冷害の影響を強く受け、大豆の生産量や品質の低下を引き起こすともに（土屋 1998）、近年は気象の変動が大きく豪雨や干ばつなどがしばしば発生している（谷藤 2014）。北海道の大豆栽培においても、この地力の低下や異常気象などが大豆収量に影響を及ぼしていると考えられるが、北海道における水田転換畑の大豆生産現場の状況についての情報は少ない。このことから本調査では、大豆収量の推移、大豆生産現場での栽培管理や土壌管理について調査を行い、北海道の水田転換畑での大豆の生産における状況を明らかにすることを目的とする。

II. 調査方法

1. 統計データによる収量調査

農林水産省統計（農林水産省 2013a）から1948年～2013年までの各年の北海道の収量を求め収量の推移を調査した。また、同統計から調査地域（新篠津村と士別市・剣淵町）の1994年～2013年までの収量の推移の調査を行った。データの解析には、統計ソフトJMP14（SAS Institute）を利用した。

2. 大豆生産農家圃場での現地調査

1) 調査地域の選定

調査地域については、2012年度に大豆収穫量が1000tを越え、農業改良普及センターおよび地域営農組織から近年の大豆の収量が低下しているという情報と調査の協力が得られた新篠津村、士別市・剣淵町の地域を選定した。それぞれの地域において、農業改良普及センターおよび地域営農組織を通じた事前聞き取りから水田転換畑で収量が以前から比較的良く、最近も収量が維持されてきている圃場（以下、収量維持圃場）と、収量が以前は比較的良かったものの、最近では低下傾向にある圃場（以下、収量低下圃場）、それぞれ11圃場、合計22圃場を選定し2013年に調査をおこなった。新篠津村と士別市・剣淵町の大豆栽培期間中（5月～10月）の気温と降水量は、気象庁の気象観測データから引用した（気象庁 2015a）。両地域の30年間（1981～2010年）の5月～10月の平均気温と降水量の平均値（以後、平年値）についても求めた。

2) アンケート調査

収量調査を行った圃場を管理する生産者を対象に調査圃場の過去5ヶ年（2008年～2012年）に作付し

た作物の聞き取りと栽培管理に関するアンケート調査を行った。栽培管理に関するアンケートについては、2012年度に行われた大豆・麦生産体制緊急整備事業で用いられたアンケート（高橋ら 2014）を元に改変し、第1表に示した項目について調査を実施した。「農業経営における大豆の位置づけ」に関する項目および「調査圃場における調査年度の大豆栽培管理」の項目は収量維持圃場を管理する生産者と収量低下圃場を管理する生産者別に集計調査をおこなった。また「大豆の生育・収量の近年の傾向」に関わる項目は収量維持圃場を管理する一部の生産者しか回答を得られなかったため、その回答分について集計調査をおこなった。

3) 収量および収量構成要素の調査

各調査圃場において、2.38㎡の面積（条間66cm）の大豆を3地点で収穫し、収量および収量構成要素（個体数、100粒重、節数、莢数、1節莢数、1莢粒数）の調査を行った。子実収量は15%水分換算で表示した。収量維持圃場と収量低下圃場の比較には品種「ユキホマレ」を栽培した圃場の結果を用い、対応のない両側t検定をおこなった。

4) 土壌調査

開花期に各圃場6～9ヵ所について、検土杖（DIK-102A、大起理化）で作土層（深さ15cm）を採取し、第2表に記載した化学性について、十勝農業協同組合連合会農産化学研究所に分析を依頼した。土壌の物理性については、土壌硬度計（DIK-5521、大起理化）で貫入抵抗を測定し推定耕盤位置を求めた。また、100mL容の採土管（DIK-1801、大起理化）を用いて土壌を採取し、最大容水量と圃場容水量から粗孔隙率を求め（寺沢 1972）、土壌を105℃で48時間以上乾燥させ仮比重を求めた。土壌理化学性と大豆収量との関係（第2表）、過去5年間の調査圃場の栽培作物の作付回数と大豆収量との関係（第3表）、およびその作付回数と大豆収量に影響を与えた土壌理化学性項目との関係（第4表）については、品種「ユキホマレ」を栽培した圃場の結果を用い、Spearmanの順位相関係数を求めた。

III. 結果および考察

1. 農林水産統計からの解析

第1図に1948年以降の大豆収量の推移を示した。それぞれ約20年ごとの回帰直線の傾きから、1948年からの26年間（1948～1973）で50 kg/10a ほど増収

第1表 アンケート調査の内容

設問	回答				
	1	2	3	4	5
1. 農業経営における大豆の位置づけに関するアンケート					
1 作付け面積	増えた	変化なし	減った		
2 農作業	昔よりも手をかけるようになった	変化なし	昔よりも手をかけられなくなった		
3 農作業時期	昔よりも適期に実施するようになった	変化なし	昔よりも適期に実施できなかった		
2. 大豆の生育・収量の近年の傾向に関わるアンケート(昔[10年以上前]と比較してどのように変化したのか)					
1 収量の推移	たいへん良くなった (115%以上)	良くなった (105~114%)	変化なし (95~104%)	悪くなった (85~94%)	著しく悪くなった (84%以下)
2 出芽	良くなった	変化なし	悪くなった		
3 苗立ち	良くなった	変化なし	悪くなった		
4 初期生育	良くなった	変化なし	悪くなった		
5 最繁期	良くなった	変化なし	悪くなった		
6 莢付き	良くなった	変化なし	悪くなった		
7 粒の肥大	良くなった	変化なし	悪くなった		
8 葉の落ち	早くなった	変化なし	遅くなった		
9 成熟ばらつき	揃ってきた	変化なし	ばらついてきた		
10 湿害	出なくなった	変化なし	ひどくなった		
11 干ばつ	出なくなった	変化なし	ひどくなった		
12 虫害	出なくなった	変化なし	ひどくなった		
13 病害	出なくなった	変化なし	ひどくなった		
14 雑草	出なくなった	変化なし	ひどくなった		
3. 調査圃場における調査年度の大豆栽培管理に関するアンケート					
1 額縁明渠	有	無			
2 ほ場内明渠	有	無			
3 本暗渠	有	無			
4 弾丸暗渠	有	無			
5 心土破碎	有	無			
6 石灰改良資材	有	無			
7 堆肥	有	無			
8 基肥	有	無			
9 追肥	有	無			
10 種子消毒-殺菌剤	した	していない			
11 種子消毒-殺虫剤	した	していない			
12 種子消毒-鳥忌避剤	した	していない			
13 除草-播種時	した	していない			
14 除草-生育期	した	していない			
15 除草-手取り	した	していない			
16 病害虫防除-殺虫剤	した	していない			
17 病害虫防除-殺菌剤	した	していない			
18 中耕培土	した	していない			

した。しかし、次の20年間(1974~1993)では約9 kg/10a、さらに次の20年間(1994~2013)で約0.4 kg/10aの増収しか見られなかった。北海道の大豆の収量は2013年で229 kg/10aと全国1位ではあるが、近年の大豆収量向上が停滞していることがわかる。北海道の水田転換畑での大豆栽培面積が、畑作での大豆栽培面積を上回ったのは2001年以降である(農林水産省 2013a)。収量向上の停滞は1974年頃から始まっていることから水田転換畑での大豆栽培が増えたことが原因ではないと考えられる。1948~1993年の約40年間の大豆の増収には、大豆生産技術

が向上したことに加え、大豆品種の育成の貢献が大きいと考えられる(土屋 1998)。例えば、1947年に育成された多収で耐倒伏性の強い「十勝長葉」が収量水準を引き上げるとともに、頻発する冷害や線虫被害に対して、「北見白」などの耐冷性品種や「トヨスズ」などの線虫抵抗性品種の育成が増収に貢献している(土屋 1998)。直近の20年間(1994~2013)においても耐冷性品種や病害抵抗性品種の育成(土屋 1998, 北海道立総合研究機構十勝農業試験場 2015)、収量や品質の向上、安定化を図る様々な病害虫防除技術、施肥技術や機械改良などの大豆生産

第2表 土壤理化学性と大豆収量との関係¹⁾

土壤理化学性	収量との順位 相関係数 ²⁾
仮比重	0.033
pH	0.612* ³⁾
Truog-P	0.169
リン酸吸収係数	0.143
CEC	-0.077
交換性石灰	0.033
交換性苦土	0.393
交換性加里	0.912**
Mg/K	-0.182
Ca/Mg	-0.279
石灰飽和度	0.332
塩基飽和度	0.336
易還元性Mn	-0.332
熱水可溶性B	-0.415
可溶性Zn	0.238
可溶性Cu	0.420
全窒素	-0.020
熱水抽出性窒素 ⁴⁾	0.117
腐植	-0.077
推定耕盤位置	-0.414
粗孔隙率	0.376

- 1) 結果は「ユキホマレ」栽培圃場について示す(n=14)
- 2) Spearman の順位相関係数の結果。
- 3) *, ** はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意差があることを示す。
- 4) 熱水抽出性窒素測定法は可給態窒素の簡易評価法である(北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課 1992)。

第3表 過去5年間の調査圃場の栽培作物の作付回数と大豆収量との関係¹⁾

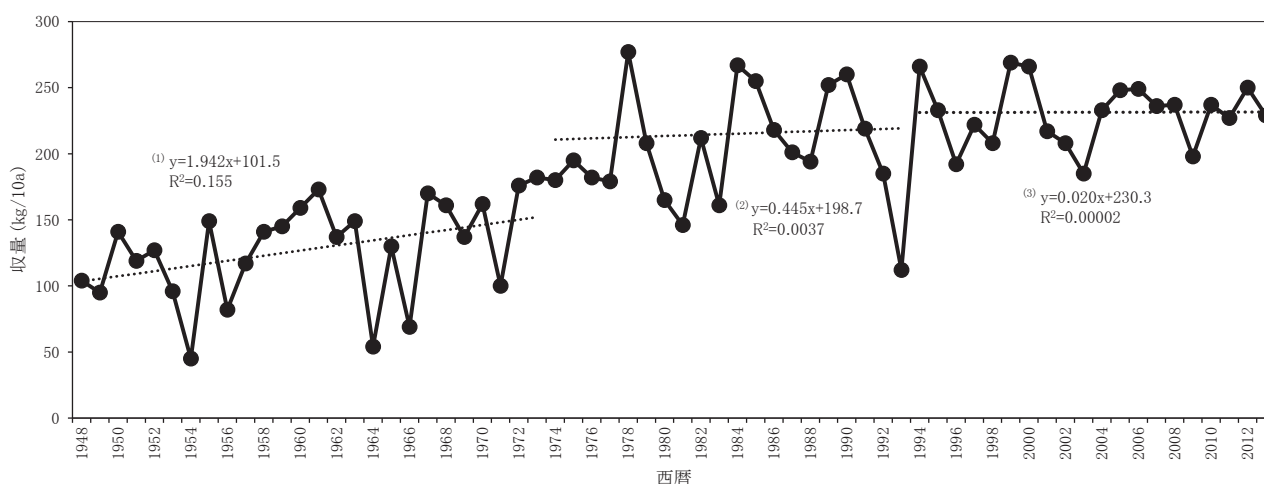
栽培作物	収量との順位 相関係数 ²⁾
水稻	0.058
大豆	0.630* ³⁾
小豆菜豆	-0.116
小麦	0.408
休閒緑肥	-0.294

- 1) 結果は「ユキホマレ」栽培圃場について示す (n=14).
- 2) Spearman の順位相関係数の結果.
- 3) * は5%水準で有意差があることを示す.

第4表 過去5年間の調査圃場の栽培作物の作付回数と大豆収量に影響を与えた土壤理化学性項目との順位相関係数^{1),2)}

栽培作物	pH	交換性加里
水稻	-0.203	0.245
大豆	0.465 + ³⁾	0.486 +
小豆菜豆	-0.285	-0.079
小麦	0.311	0.460 +
休閒緑肥	0.092	-0.303

- 1) Spearman の順位相関係数の結果.
- 2) 結果は「ユキホマレ」栽培圃場について示す (n=14).
- 3) + は10%水準で有意差があることを示す.



第1図 1948年以降の北海道の大豆収量の推移

- (1) 1948～1973 年までの回帰直線, (2) 1974～1993 年までの回帰直線,
- (3) 1994～2013 年までの回帰直線を示す。

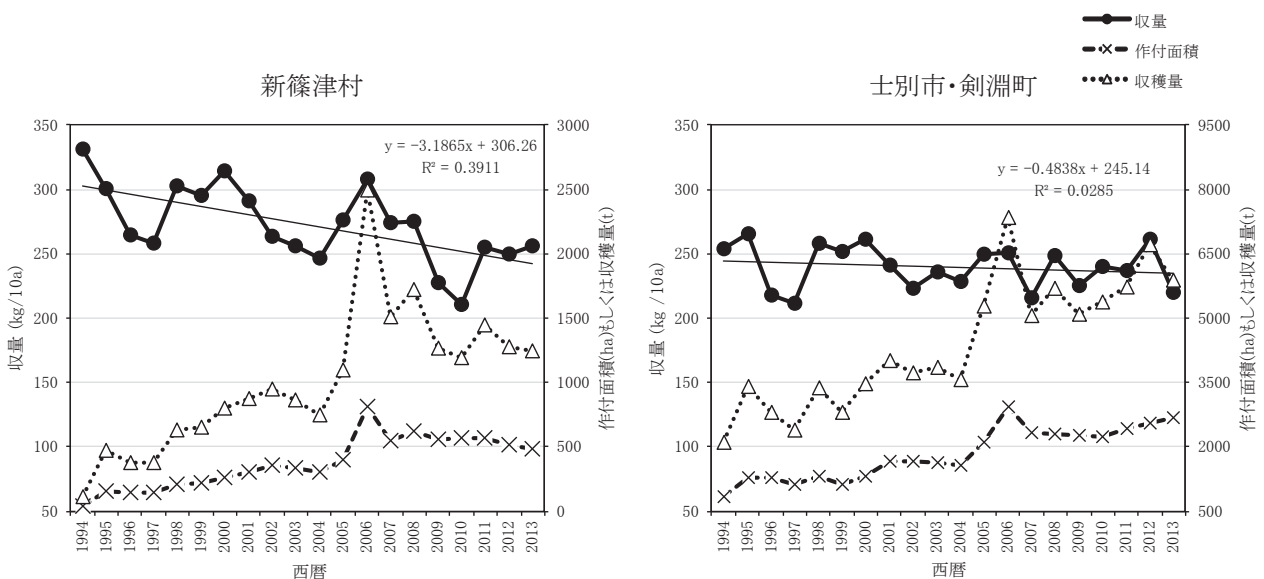
技術が開発されてきている（北海道立総合研究機構十勝農業試験場 2015, 全国農業改良普及支援協会 2015）。しかし、必ずしもこれらの品種育成や生産技術が収量の向上に結びついていないことから、近年の大豆収量向上の停滞は複雑な要因が絡んでいると考えられる。

調査対象の新篠津村，士別市・剣淵町の大豆作付面積，収量，収穫量の推移について第2図に示した。両地域ともに2006年まで作付面積と収穫量は増えているが，2007年には減少した。その後，士別市・剣淵町では作付面積と収穫量は微増傾向にあった。新篠津村では作付面積はほぼ変わらず，収穫量は減少傾向にあった。収量については新篠津村では1997年，2004年と2010年に低下し，士別市・剣淵町では1997年，2007年に低下した。1997年の大豆栽培期間の5月～10月の平均気温は両地域とも平年値より低く，その差は新篠津村で-0.9℃，士別市・剣淵町では-0.6℃であった（第3図）。甚大な被害がでた冷害年の1993年の5月～10月の平均気温と平年値との差は新篠津村と士別市・剣淵町で，それぞれ-1.0℃，-1.1℃であった（気象庁 2015a）。したがって，1997年は気温低下が大豆減収の要因と推測された。新篠津村の2004年の平均気温と降水量は平年値より低くはなかったが，この年は台風が北海道西部を北上し，農作物に被害を及ぼした（気象庁 2015b, 農林水産省 2013b）。このことから新篠

津村の2004年の減収は台風の影響と推測された。士別市・剣淵町の2007年の平均気温は低くないが，降水量が平年値より低かった。士別市・剣淵町の2007年の減収については，降水量が少ないことが，その原因の一つと考えられる。2010年は高温年で北海道では夏季の平均気温が平年値より+2.3℃と高く，多くの畑作物で収量は低下したが大豆収量への影響は小さかったことが報告されている（広田ら 2011）。この年の大豆収量が士別市・剣淵町で低下せず，新篠津村で低下したが，松波ら（2013）は東北地方でも2010年は高温年での減収程度には地域差があったことを報告している。北海道においても高温に対する大豆収量への影響についてさらなる調査が必要である。また，回帰直線の傾きから士別市・剣淵町では過去20年間で約10kg/10a程度収量が低下していることが示唆され，新篠津村では約65kg/10aも低下していた（第2図）。したがって，これらの地域の収量の低下が発生している圃場と発生していない圃場において，収量，栽培管理，土壌管理等について把握し，収量低下の要因を明らかにすることは，収量停滞もしくは低下の回避のための方向性を示すことができ，ひいては北海道の大豆収量の向上にもつながると考えられる。

2. アンケート調査について

アンケート調査において「農業経営における大豆



第2図 過去20年間（1994～2013年）の新篠津村および士別市・剣淵町の大豆収量、作付面積、収穫量の推移
各地域の回帰直線は収量のものを示す。

の位置づけ」に関する項目と「調査圃場における調査年度の大豆栽培管理」の項目は全22圃場のうち21圃場（収量維持圃場11件〔新篠津村6件，士別市・剣淵町5件〕，収量低下圃場10件〔新篠津村5件，士別市・剣淵町5件〕）から回答を得られた。また「大豆の生育・収量の近年の傾向」に関わる項目は士別市・剣淵町の収量維持圃場を管理している生産者の5件のみから回答を得られた。

「農業経営における大豆の位置づけ」に関するアンケートの結果を第5表に示した。収量低下圃場と収量維持圃場で大豆栽培した生産者の60%以上は，調査対象圃場を含め管理している全圃場で大豆の作付面積が増えたと回答した。農作業については収量低下圃場では収量維持圃場に比べて「昔よりも手をかけられなくなった」という回答の割合が高かった。そして，収量低下圃場と収量維持圃場で，それぞれ50%，55%が「昔よりも手をかけるようになった」と回答した。農作業時期については適期に作業が実施できなくなったとする回答はいずれも約3割であった（第5表）。このことから，大豆作付けの拡大にもかかわらず，管理作業の適期に実施を心がけている生産者の割合は高く，そのような状況下で収量低下が起こっており，土壌特性や気象等の管理作業以外の要因と収量低下の関係についての調査が必要と考えられた。

また，大豆の生育・収量の近年の傾向についてアンケート調査した（第6表）。回答については，士別

市・剣淵町地域の収量維持圃場の生産者だけからしか回答を得られなかったため，標本サイズが小さく正確ではないが，収量が悪くなったと回答した生産者があり，干ばつ，虫害，雑草害が収量の推移と相関関係が見られた。士別市・剣淵町地域の1994～2003年の降水量の平均値は684mmであり，2004～2013年の降水量の平均値は638mmで，降水量の平年値より100mm以上も少なかった年が2007年と2008年の2回あった（第3図）。干ばつと収量の推移に相関関係があった原因は，10年以上前（1994～2003年）と比較して，その後の10年間（2004～2013年）で降水量が少ないためと推定された。

調査圃場の栽培管理に関するアンケートの結果では額縁明渠，圃場内明渠などの明渠については収量維持，低下圃場ともに50%以上が行われておらず，暗渠についても本暗渠がほとんどであった（第7表）。北海道の水田転換畑では排水対策として本暗渠施工する割合は明渠や弾丸暗渠などの実施率より高いことが報告されており（農林水産省生産局農産部穀物課 2013），今回の調査でも主な排水対策は本暗渠であることがわかった。また，心土破碎についても収量維持圃場および収量低下圃場ともに90%以上で行われており，調査圃場において，主要な排水対策の一つであると考えられた（第7表）。

北海道の大豆圃場では，ほとんどの圃場で基肥施与されており，（農林水産省生産局農産部穀物課 2013），本調査でも基肥施与は全ての圃場で行われ

第5表 農業経営における大豆の位置づけに関するアンケート結果¹⁾

設問	圃場タイプ	回答			
		無回答	増えた	変化なし	減った
1 作付面積	収量維持圃場 ²⁾	0	64	36	0
	収量低下圃場 ³⁾	0	60	30	10
2 農作業	収量維持圃場	0	昔よりも手をかけるようになった 55	変化なし 27	昔よりも手をかけられなくなった 18
	収量低下圃場	0	50	20	30
3 農作業時期	収量維持圃場	0	昔よりも適期に実施するようになった 36	変化なし 36	昔よりも適期に実施できなくなった 27
	収量低下圃場	0	50	20	30

1) 全アンケート数に対する回答割合(%) 収量維持圃場 11 件、収量低下圃場 10 件。

2) 収量維持圃場：地域営農組織等を通じた事前聞き取りから、以前から大豆収量が維持できている圃場。

3) 収量低下圃場：地域営農組織等を通じた事前聞き取りから以前は良かったが、最近、大豆収量が低下傾向にある圃場。

第6表 調査圃場における大豆の生育・収量の近年の傾向に関するアンケート結果
(昔 [10年以上前] と比較してどのように変化したのか)¹⁾

設問	回答					各「設問」と「収量の推移」との順位相関係数 ²⁾
	たいへん良くなった	良くなった	変化なし	悪くなった	著しく悪くなった	
1 収量の推移	40	40	0	20	0	—
2 出芽	—	0	80	20	—	0.745
3 苗立ち	—	0	100	0	—	—
4 初期生育	—	0	100	0	—	—
5 最繁期	—	80	0	20	—	0.745
6 莢付き	—	40	40	20	—	0.556
7 粒の肥大	—	60	20	20	—	0.177
8 葉の落ち	—	20	80	0	—	0.186
9 成熟ばらつき	—	60	40	0	—	0.304
10 湿害	—	40	40	20	—	0.556
11 干ばつ	—	20	20	60	—	0.884 *
12 虫害	—	20	60	20	—	0.825 +
13 病害	—	20	80	0	—	0.745
14 雑草	—	40	40	20	—	1.000 **

1) 回答は士別市・剣淵町地域の収量維持圃場を管理している生産者のみから得られた(件数5件). 値は全回答数に対する割合(%)を示す.

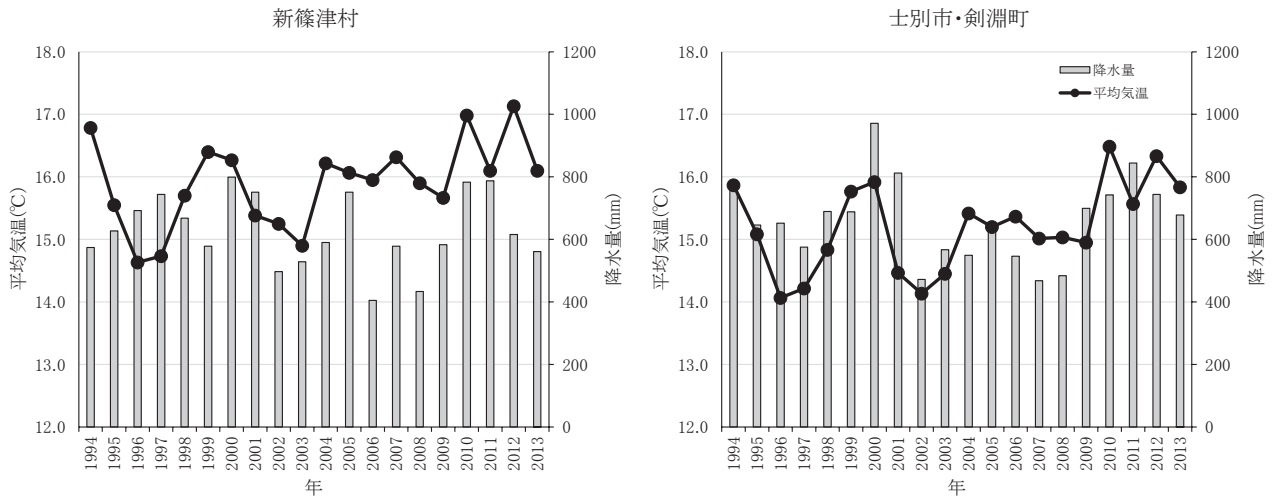
2) 各設問を説明変数として「良くなった」、「変化なし」、「悪くなった」の順に1~3を割り振り, 収量の推移を目的変数として「たいへん良くなった」、「良くなった」、…、「著しく悪くなった」の順に1~5を割り振り得点化してSpearmanの順位相関係数を求めた. +, *, ** はそれぞれ 10%水準, 5%水準, 1%水準で有意差があることを示す.

ていた(第7表)。堆肥施与と追肥施与を行ったのは収量維持圃場でそれぞれ27%, 9%であったのに対し, 収量低下圃場ではそれぞれ50%, 50%であった(第7表)。堆肥施与と追肥施与を行う圃場は収量低下圃場より収量維持圃場で少なかった。収量低下圃場では生育を改善させるため, 収量維持圃場より堆肥と追肥の施与を行っているものと推定された。石灰改良資材施与については, 収量維持圃場および収量低下圃場ともに80%以上で行われていた。

種子消毒, 播種時除草および生育期除草については収量低下圃場および収量維持圃場ともに作業を

行っていた(第7表)。しかし, 手取り除草については収量維持圃場で無回答の結果がみられ, 収量低下圃場との比較が難しいが, 収量低下圃場で収量維持圃場より手取り除草が行われている傾向にあった。高橋ら(2014)は, 東北地方での近年の大豆栽培において, 収量の変化傾向と雑草害との関係は見られないものの, 雑草害を問題視している生産者が多いことを報告した。本調査の収量低下圃場でも, 雑草が繁茂しやすく, 手取り除草がより行われているものと考えられた。

病害虫防除については, 北海道では大豆栽培面積



第3図 新篠津村および士別市・剣淵町での1994年～2013年の大豆作付期(5月～10月)の平均気温と積算降水量

- 1) 棒グラフは積算降水量, 折れ線グラフは平均気温を示す。
- 2) 士別市・剣淵町の値は士別市観測地点の値を示す。
- 3) 新篠津村の1981～2010年の5月～10月の平均気温と積算降水量の平均値(以後, 平年値)はそれぞれ15.5°Cと599mm。
- 4) 士別市・剣淵町の平均気温と積算降水量の平年値はそれぞれ14.8°Cと623mm。

の80%以上で行われている(農林水産省生産局農産部穀物課 2013)。本調査も収量低下圃場で殺菌剤による防除が70%であった以外は, ほぼ同様な結果を示した。また, 北海道では中耕については大豆栽培面積の70%で行われているが, 培土については大豆栽培面積の40%であった(農林水産省生産局農産部穀物課 2013)。本調査では, 収量維持圃場および収量低下圃場にかかわらず中耕培土は90%以上の圃場で行われていた。しかし, 中耕と培土のそれぞれの実施率について調査していない(第7表)。本調査のアンケートについては, まずは大豆栽培の簡単な概況を把握するため作業等の実施の有無について調査した。そのため, 中耕培土で設問を設定したが, 参考資料との比較をするために中耕と培土に分け設問を設定すべきであった。今後, さらに具体的な経営環境, 栽培面積, 施肥や除草や病害虫防除等の圃場作業を明らかにするためには, それぞれの詳細点についてアンケートの各設問の内容を精査し再構成する必要がある。

3. 大豆収量と収量構成要素について

第8表に大豆収量と収量構成要素について示した。新篠津村のN圃場, O圃場およびP圃場では品種名は不明であった。これら以外の圃場でも, 「トヨムスメ」を栽培した圃場もあった。このため大豆の収量と収量構成要素について品種の影響を除くた

め, 「ユキホマレ」を栽培した圃場について収量維持圃場と収量低下圃場を比較した。この結果, 収量は収量維持圃場で収量低下圃場よりも有意に高かった。収量構成要素をみると, 個体数, 100粒重と節数は収量低下圃場で収量維持圃場より有意に低く, これらの項目の収量低下圃場/収量維持圃場比が1より低かった。莢数は有意差はなかったが収量低下圃場で収量維持圃場よりやや低い傾向にあったことから, 節数および100粒重の減少と, 個体数の減少が莢数の低下を通して収量低下に影響したと考えられた。

4. 土壌理化学性について

土壌理化学性については, 結果は示さなかったがその値は, ほぼ北海道施肥基準値の範囲内であった(北海道農政部 2010)。土壌理化学性の各項目について収量低下圃場/収量維持圃場比が1割以上異なる項目をみると, 新篠津村の収量低下圃場では交換性石灰含有率, 交換性苦土含有率, Mg/K比, 熱水可溶性B含有率が高く, 推定平均耕盤位置が深かった(第4図)。またTruog-P含有率, 交換性加里含有率, Ca/Mg比, 可溶性Cu含有率, 熱水抽出性窒素含有率や粗孔隙率は低く, 可溶性Cu含有率で収量低下圃場と収量維持圃場間に有意差が見られた。新篠津村の収量低下圃場の土壌可溶性Cu含有率は北海道の基準(北海道農政部 2010)ではCu欠乏になる値で

第7表 調査圃場における調査年度の大豆栽培管理に関するアンケート結果¹⁾

設問	圃場タイプ	回答		
		無回答	有	無
1 額縁明渠	収量維持圃場 ²⁾	18	18	64
	収量低下圃場 ³⁾	50	0	50
2 ほ場内明渠	収量維持圃場	9	18	73
	収量低下圃場	30	20	50
3 本暗渠	収量維持圃場	0	100	0
	収量低下圃場	20	80	0
4 弾丸暗渠	収量維持圃場	27	9	64
	収量低下圃場	40	20	40
5 心土破碎	収量維持圃場	0	100	0
	収量低下圃場	10	90	0
6 石灰改良資材	収量維持圃場	0	100	0
	収量低下圃場	0	80	20
7 堆肥	収量維持圃場	0	27	73
	収量低下圃場	0	50	50
8 基肥	収量維持圃場	0	100	0
	収量低下圃場	0	100	0
9 追肥	収量維持圃場	0	9	91
	収量低下圃場	10	50	40
10 種子消毒-殺菌剤	収量維持圃場	0	82	18
	収量低下圃場	20	80	0
11 種子消毒-殺虫剤	収量維持圃場	9	82	9
	収量低下圃場	20	80	0
12 種子消毒-鳥忌避剤	収量維持圃場	27	9	64
	収量低下圃場	30	10	60
13 除草-播種時	収量維持圃場	18	45	36
	収量低下圃場	20	50	30
14 除草-生育期	収量維持圃場	0	64	36
	収量低下圃場	0	70	30
15 除草-手取り	収量維持圃場	27	55	18
	収量低下圃場	0	80	20
16 病虫害防除-殺虫剤	収量維持圃場	0	82	18
	収量低下圃場	20	80	0
17 病虫害防除-殺菌剤	収量維持圃場	9	82	9
	収量低下圃場	0	70	30
18 中耕培土	収量維持圃場	9	91	0
	収量低下圃場	0	90	10

1) 収量維持圃場・収量低下圃場農家への全アンケート数に対する回答割合(%) 収量維持圃場11件、収量低下圃場10件。

2) 収量維持圃場: 地域営農組織等を通じた事前聞き取りから以前から大豆収量が維持できている圃場。

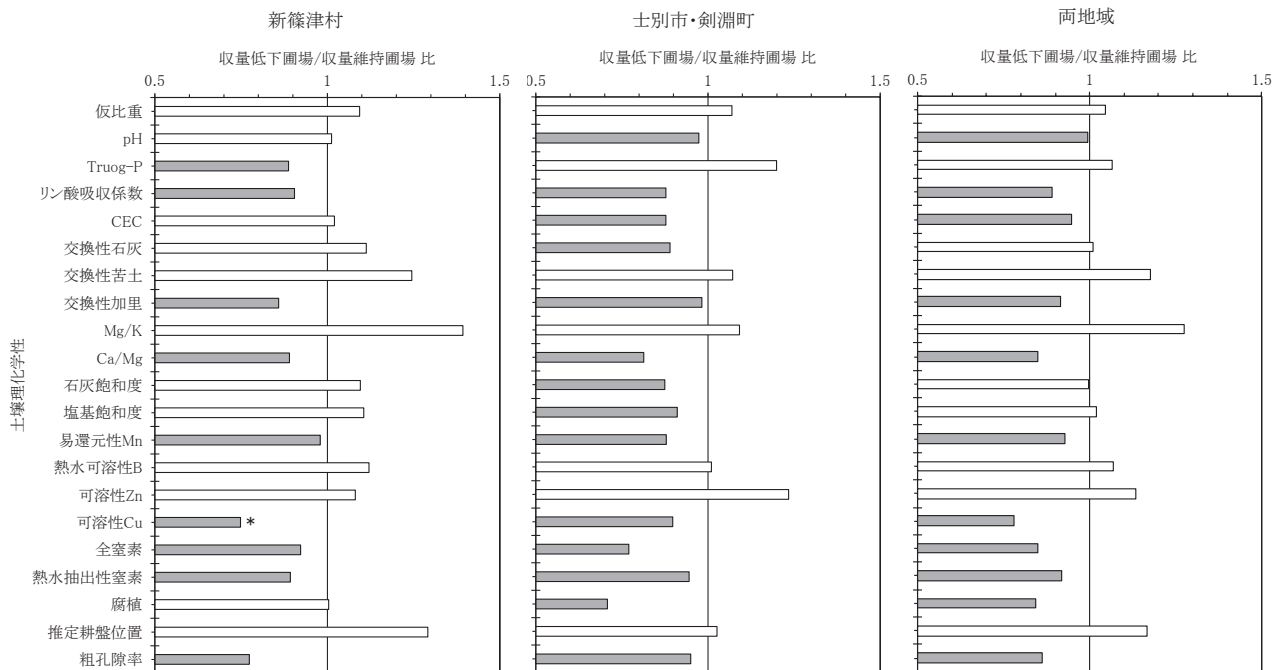
3) 収量低下圃場: 地域営農組織等を通じた事前聞き取りから以前は良かったが、最近、大豆収量が低下傾向にある圃場。

第8表 新篠津村および士別市・剣淵町の調査圃場における調査年度の大豆収量と収量構成要素

場所	圃場	品種名	個体数	収量	100粒重	節数	莢数	1節莢数	1莢粒数
			(数 m ⁻²)	(kg / 10a)	(g)	(数 m ⁻²)	(数 m ⁻²)		
収量維持圃場	新篠津村	A ユキホマレ	22	444	38.9	358	684	1.90	1.66
		B トヨムスメ	17	437	39.8	453	698	1.56	1.54
		C ユキホマレ	19	419	39.0	322	644	2.09	1.63
		D トヨムスメ	16	421	39.6	368	604	1.65	1.72
		E ユキホマレ	24	414	39.7	394	575	1.46	1.79
	F トヨムスメ	21	403	36.4	437	637	1.47	1.72	
	士別市・剣淵町	G ユキホマレ	17	419	38.7	297	508	1.79	2.13
		H ユキホマレ	16	417	37.5	301	597	1.99	1.87
		I ユキホマレ	20	416	36.1	371	646	1.75	1.78
		J ユキホマレ	18	333	37.0	267	581	2.18	1.57
K ユキホマレ		15	362	32.0	277	630	2.29	1.81	
収量低下圃場	新篠津村	L ユキホマレ	21	331	39.0	351	626	1.78	1.34
		M トヨムスメ	17	367	37.4	356	573	1.61	1.68
		N 不明	16	352	29.8	301	470	1.57	2.46
		O 不明	14	301	54.2	293	386	1.31	1.41
		P 不明	21	342	12.0	566	1252	2.22	2.24
	Q ユキホマレ	14	244	32.1	268	626	2.36	1.19	
	士別市・剣淵町	R ユキホマレ	15	378	32.9	219	524	2.40	2.20
		S ユキホマレ	16	439	36.2	382	692	1.96	1.76
		T ユキホマレ	17	363	35.1	282	558	1.98	1.86
		U ユキホマレ	16	264	33.9	217	430	2.00	1.81
V ユキホマレ		13	303	31.8	231	529	2.37	1.82	
収量維持圃場の平均値 ¹⁾			19	403	37.4	323	608	1.93	1.78
収量低下圃場の平均値 ¹⁾			16	332	34.4	279	569	2.12	1.71
収量低下圃場/収量維持圃場比			0.84	0.82	0.92	0.86	0.94	1.10	0.96
t検定 ²⁾			**	**	**	*	ns	ns	ns

1) それぞれ、「ユキホマレ」栽培圃場の収量維持圃場と収量低下圃場の平均値を示す。

2) 収量維持圃場と収量低下圃場間の対応のない両側 t 検定の結果. *, ** はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意差があることを示す。



第4図 新篠津村, 士別市・剣淵町および両地域における土壌理化学性の収量低下および維持圃場の比較

白：値が1.0以上のもの, 灰色：値が1.0未満のものを示す。

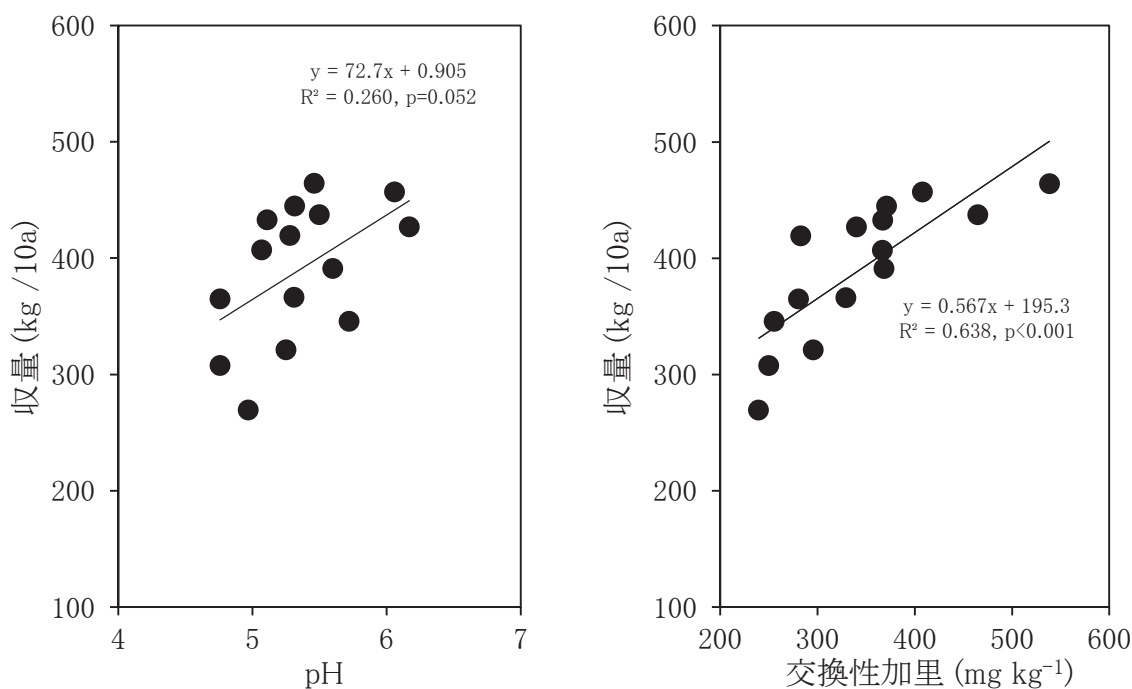
*は収量維持圃場と収量低下圃場間の対応のない両側t検定を行い, 5%水準で有意差があることを示す。

はなかったが、なんらかの影響で植物体がCuを吸収できず、植物体Cu含有率が低下した可能性も考えられた。今後は植物体Cu吸収についても調査する必要がある。士別市・剣淵町地域の収量低下圃場ではTruog-P含有率、可溶性Zn含有率が高く、リン酸吸収係数、CEC、交換性石灰含有率、Ca/Mg比、石灰飽和度、易還元性Mn含有率、可溶性Cu含有率、全N含有率、腐植含有率が低かったが、各項目ともに収量低下圃場と収量維持圃場間に有意差が見られなかった（第4図）。両地域を合わせた場合でも、収量低下圃場/収量維持圃場比が1割以上異なる項目をみると、収量低下圃場で交換性苦土、Mg/K比、可溶性Zn含有率が高く、耕盤推定位置が深い傾向にあった（第4図）。また、リン酸吸収係数、Ca/Mg比、可溶性Cu含有率、全N含有率、腐植含有率、粗孔隙率は低い傾向にあったが、どの項目も収量低下圃場と収量維持圃場間に有意差は見られなかった。両地域で、収量維持圃場と収量低下圃場間で異なる土壌理化学性の項目が見られなかったのは、異なる品種を含め解析したことも一因と考えられる。そこで、土壌以外の要因の影響を小さくするため「ユキホマレ」を栽培した現地圃場のみについて土壌理化学性と収量との関係について解析をおこなった（第2表、第5図）。順位相関を解析したところ土壌pHと

収量および交換性加里と収量に正の相関がみられた。また、単相関についても土壌pHと収量および交換性加里と収量に正の相関があった。大豆の場合、土壌pHの適応性の幅が広く必ずしも酸性そのものに弱い作物ではないが、生育に適した土壌pHは6.0～6.5前後であるとされる（井上 1994, 島田 2012）。今回の調査圃場では土壌pHは最小値が4.7前後、最大値で6.2弱であることから、適正值よりpHは低い。このことから土壌pHが収量に影響を与えていると推定された。また、カリは大豆子実中に多く含まれておりその要求性が高く、粒重などの稔実や生長に影響を与えることが知られている（大久保 1980, 有原 2000）。本調査でも収量低下圃場では100粒重や節数の低下がみられたことから（第8表）、交換性加里含有量の差異が稔実に影響を与え収量と関係性が見られたと考えられる。

5. 大豆作付回数と収量および土壌理化学性との関係

各現地調査圃場について2008年～2012年までの過去5年間の作付した作物について調査した。なお、この調査では品種の影響を除くため「ユキホマレ」を栽培した生産者のみを対象とした（1件の生産者については、回答は得られなかった）。過去5年間で栽培した作物の作付回数は水稲で平均0.36回（最小



第5図 土壌pHおよび交換性加里と大豆収量との関係

交換性加里はK₂O換算で表記。

0回, 最大3回), 大豆で平均1.43回(最小1回, 最大3回), 小豆菜豆は平均0.93回(最小0回, 最大2回), 小麦で平均2.14回(最小1回, 最大3回), 休閒緑肥で平均0.36回(最小0回, 最大2回)であった。

そこで, 栽培作物の作付回数と収量およびその作付回数と土壤理化学性の関係について解析を行った。栽培作物の作付回数と収量の関係について順位相関を解析したところ, 過去5年間の大豆の作付回数と収量に正の関係がみられた(第3表)。近年, 10年以上の長期の大豆栽培は土壤有機物が低下し, 収量の低下につながることを報告されている(住田ら 2005, Nira and Hamaguchi 2012, 小田原ら 2012)。しかし, 本調査ではそれと比較して, 熱水抽出性窒素等の土壤有機物に関わる土壤理化学性と収量とは関連が見られなかった(第2表)。今回の結果は過去5年間と短期間で, 大豆の作付回数も多くて3回程度であったことから, この作付回数では収量を低下させるほど土壤有機物へ強く影響を与えなかったと考えられた。土壤理化学性で収量と関係のあった項目について, 作付回数との順位相関関係をみると, 大豆作付回数は土壤pHと交換性加里と, 小麦作付回数は交換性加里と正の関係がみられた(第4表)。小田原ら(2012)は, 収量と交換性加里には関係が見られなかったが, 大豆作付回数と交換性加里との間には負の相関があることを報告している。彼らの調査した大豆栽培圃場は, 窒素・リン・カリ肥料の施用や有機物施用が長期間行われていない圃場であった。これは子実によるカリの持ち出しも多く, カリの投入もないことから, 大豆の作付回数の増加により土壤の交換性加里が低下したと推定される。本調査では堆肥については収量維持圃場では堆肥を施与した圃場の割合より堆肥を施与しない圃場の割合が高かったが(第7表), 基肥および石灰資材を投入していた。小麦栽培においても資材の土壤への投入は行われていると考えられることから, 大豆や小麦の作付回数が増えるほど, 石灰資材や肥料投入量も増え, 土壤pHやカリと正の相関が得られたと思われた。長期的には大豆作付回数が増えることにより収量低下が予想されるが(住田ら 2005, Nira and Hamaguchi 2012, 小田原ら 2012), 短期的には1~3回程度の大豆作付によって, その後作が増収したことも報告されている(松森 2011, 秀島ら 2016)。本調査でも, 短期的には大豆作付回数と収量に正の関係がみられpHやカリなどが関わってい

ると推定された。大豆と小麦以外の作物は作付回数が少なく, 土壤理化学性への影響が小さかった, もしくは単に土壤への資材投入量が少なかったため, 作付回数と土壤理化学性には有意な関係が見られなかったと考えられた(第4表)。短期的, 長期的な大豆栽培の影響を明らかにするには, 経年にわたり土壤理化学性や養分収支など調査する必要がある。しかし, 本調査では土壤理化学性は調査年度のみの結果であり, 大豆以外の作物栽培での資材投入については調査していない。資材投入量を含め, さらに生産者へ具体的な聞き取り調査が欠かせない。また, 本調査は調査対象とした期間が短く, 調査地域も限られている。北海道における大豆収量を維持向上させるような土壤管理を明らかにするためには, 長期的視点から, 広域かつ詳細な調査が必要であると考えられる。

謝 辞

本調査の実施にあたり, 大豆圃場の土壤・植物体試料やアンケート調査にお忙しい中, ご対応いただいた現地農家の皆様には厚く御礼申し上げます。石狩農業改良普及センター・小林聡氏, 上川農業改良普及センター・黒田三代氏, 高木葉二氏, JA新しのつ・山崎義則氏, 青柳彰氏にはアンケート調査, 現地調査に全面的にご協力いただき心より感謝いたします。また, 北海道農業研究センター 山崎真氏・柴田和洋氏・竹本敏彦氏・三國孝博氏・内田敦子氏には試料採取・収穫作業等においてご協力いただきありがとうございます。本調査の一部は2013年度北海道農業研究センター所特定研究事業の助成を受け遂行されました。

引用文献

- 1) 有原丈二(2000)第4章 ダイズ多収栽培の基礎 3. 土壤と施肥方法の改善. 大豆安定多収の革新技術. 農山漁村文化協会, 135-184. 東京.
- 2) 広田知良, 古賀伸久, 岩田幸良, 井上聡, 根本学, 濱寄孝弘(2011)I. 北海道における2010年の気象の特徴と農作物への影響要因. 「北海道における2010年猛暑による農作物の被害解析」報告書. 北海道農業研究センター研究資料. 69. 1-13.
- 3) 秀島好知, 山口史子, 山口喜久一郎, 大塚紀夫, 西岡廣泰, 牧山繁生, 浅川将暁(2016)2

- 転輪作以上の大豆作付が連作大豆や後作水稲および麦の収量や品質に及ぼす影響 第79回九州農業研究機関協議会研究発表会要旨集, 17
- 4) 北海道農政部 (2010). III. 畑作物 2. 土壌および作物栄養診断基準 (1) 土壌診断基準. 北海道施肥ガイド 2010. 34-35.
 - 5) 北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課 (1992) 土壌および作物栄養の診断基準—分析法 (改訂版) —. 80-81.
 - 6) 北海道立総合研究機構十勝農業試験場 (2015). 大豆に関する文献DB. <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/tokachi/soy/ref/> (2017年1月13日閲覧)
 - 7) 井上隆弘 (1994) 土壌の生産力 酸性土壌. 松坂泰明, 栗原淳編, 土壌・植物栄養・環境事典. 151-155. 博友社, 東京.
 - 8) 気象庁 (2015a) 気象観測データ 過去の地点気象データ. <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2017年1月13日閲覧)
 - 9) 気象庁 (2015b) 過去の台風資料 台風経路図. http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/bstvt2004.html (2017年1月13日閲覧)
 - 10) 松波寿典, 井上一博, 工藤忠之, 伊藤信二, 長沢和弘, 柴田康志, 神崎正明, 千田洋, 二瓶直登, 荒井義光, 小林浩幸, 山下伸夫 (2013) 2010 年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育, 収量, 品質に及ぼした影響. 日作紀. 82, 386-396.
 - 11) 松森信 (2011) 水田におけるダイズ作付あるいは畑地化が次作小麦生育に及ぼす土壌の理化学性向上効果 平成23年熊本県農業研究成果情報 No. 497, 熊本県.
 - 12) 新良力也 (2010) 田畑輪換水田の現状土壌管理についての問題提起. 日本土壌肥料学会編. 田畑輪換土壌の肥沃度と管理 - 変化の要因と制御の考え方 -. 9-26. 博友社, 東京.
 - 13) Nira, R. and Hamaguchi, H. (2012) Nitrogen accumulation in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] is increased by manure compost application in drained paddy fields as a results of increased soil nitrogen mineralization. *Soil Sci. Plant Nutr.* 58, 764-771.
 - 14) 西田瑞彦 (2010) 田畑輪換水田の土壌窒素肥沃度の変化と土壌管理による制御. 日本土壌肥料学会編. 田畑輪換土壌の肥沃度と管理 - 変化の要因と制御の考え方 -. 27-52. 博友社, 東京.
 - 15) 農林水産省生産局農産部穀物課 (2013) 大豆に関する資料. 74-82.
 - 16) 農林水産省 (2013a) 統計情報 作況調査 (水陸稲, 麦類, 豆類, かんしょ, 飼肥料作物, 工芸農作物). http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html (2017年1月13日閲覧)
 - 17) 農林水産省 (2013b) 統計情報 被害調査. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/higai/index.html> (2017年1月13日閲覧)
 - 18) 小田原孝治, 福島裕助, 荒木雅登, 兼子明, 荒巻幸一郎 (2012) 筑後川流域の田畑輪換圃場における土壌肥沃度とダイズ子実収量性の実態. 土肥誌. 83, 405-411.
 - 19) 大久保隆弘 (1980) 2. 大豆栽培の基礎 III. 環境条件と大豆の生育. 斉藤正隆・大久保隆弘編 大豆の生態と栽培技術. 35-198. 農山漁村文化協会, 東京.
 - 20) 島田信二 (2012) 水田土壌の酸性化 (低 pH 化) とダイズ生産. 86-92. 農業技術体系作物編6. 農山漁村文化協会, 東京.
 - 21) 島田信二・白岩立彦・桂圭祐・島村聡 (2013) 第5章 日米における大豆生産技術の現状とわが国の課題. 梅本雅・島田信二編, 大豆生産振興の課題と方向. 中央農業研究センター 総合農業研究叢書. 68, 69-123.
 - 22) 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. 東北農研研報. 103, 39-52.
 - 23) 高橋智紀, 持田秀之, 榊原充隆, 森本品, 小林浩幸, 相場聡 (2014) 寒冷地における生産現場でのダイズ低収要因の解析. 東北農研研報. 116, 89-118.
 - 24) 谷藤健 (2014) 地球温暖化が北海道における秋まき小麦生産に及ぼす影響予測. https://www.ondanka-net.jp/index.php?category=measure&view=detail&article_id=941 (2017年1月13日閲覧).

- 25) 土屋武彦 (1998) 北海道における大豆生産の現状と展望. 豆類時報. 10, 9-21.
- 26) 寺沢四郎 (1972) 4. 保水性. 土壤物理性測定法委員会編. 土壤物理性測定法. 134-159. 養賢堂, 東京.
- 27) Varvel, G.E. (1994) Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen. Agron. J., 86, 319-325.
- 28) 全国農業改良普及支援協会 (2015) 大豆安定生産促進事業. 収量・品質の向上と安定生産のための大豆づくり Q & A -大豆 300A 技術を導入した大豆生産に向けて-. <http://www.jadea.org/houkokusho/daizu/daizu.htm> (2017年1月13日閲覧).

The Field Study on the Yield of Soybean in Upland Field Converted from Paddy Field of the Central Hokkaido Region

Takuji NAKAMURA¹⁾, Noriyuki MURAKAMI¹⁾, Hiroyuki TSUJI¹⁾,
Norikuni OKA¹⁾, Keiki OKAZAKI^{1, 2)}, Sho MORIMOTO¹⁾

Summary

To elucidate the trend of the recent soybean production in the upland field converted from the paddy field of Hokkaido, we performed the field study and questionnaire survey at Shinsinotsu, and Shibetsu-Kenbuchi region in Hokkaido. Recent soybean yield in Hokkaido over the past couple of decades (1994 - 2013) did not increase. In the study regions, Shinsinotsu, and Shibetsu-Kenbuchi regions, yield of soybean decreased over the past couple of decades. Especially, the yield of soybean in Shinshinotsu decreased considerably. The “yield reduction fields” and the “yield maintenance fields” of soybean were responded by the agricultural producers via the regional farming organization before the field study and questionnaire survey. Following the results of questionnaire survey, it was suggested that pest and weed damages might be caused as the problems in soybean fields. The soybean yield is lower in the “yield reduction fields” than in the “yield maintenance fields” obtained by the response of the agricultural producers. The number of plant, 100-seed weight and node number were also lower in in the “yield reduction fields” than in the “yield maintenance fields”. Soil pH and exchangeable-K were positively related to the yield of soybean. Also, the planting times of soybean and wheat over the past 5 years related to soil pH and soil exchangeable-K and the planting times of wheat over the past 5 years related to soil exchangeable-K.

Key word: Field study, Hokkaido, Soil physical and chemical properties, Soybean, Yield

1) Hokkaido Agricultural Research Center, NARO

2) Central Region Agricultural Research Center, NARO

