

適正な施肥管理によるてん菜のコスト削減

北海道立総合研究機構 北見農業試験場 笹木 伸彦

北海道のてん菜を作り続けるために

てん菜の作付け面積は平成16年から減少が続いており、平成19年度に畑作経営所得安定対策が導入されてからはさらに減少に拍車がかかった。また、てん菜は平成21～22年と2年連続の不作となり、特に平成22年は異常高温と多雨のため記録的な低糖分・低収量となった。さらに、平成23年度導入の戸別所得補償制度のてん菜に係る政策支援単価が現行対策に比べて下がったことが、生産者手取りが減少するという誤解につながり、生産者のてん菜作付け意欲の減退が懸念されている。

これ以上てん菜の作付けが減少すれば、畑作の輪作体系が崩れ、他作物の生産性や需給バランス、そして土壤肥沃度に悪影響が出るだけでなく、てん菜産業や地域の崩壊という深刻な事態に至る危険性もある。

新たな戸別所得補償制度の詳細は避けるが、実質的には全量が数量払となり、「生産者の品質・生産性向上の努力が報われる制度」となっている。すなわち、これまでなされてきた、てん菜の生産性向上に対する努力は一切無駄にはならず、それどころか、さらなる努力と工夫が今後の結果を左右すると言える。

てん菜の場合、コストの削減にはまだまだ努力と工夫の余地が残されている。ここでは特に、施肥管理の適正化によるコスト削減を中心に述べることにした。

肥料コストの削減はてん菜の収益性向上のカギ

てん菜は畑作物の中で最も施肥量の多い作物である。そのため、10a 当たり生産費 (95,272円) の30% を肥料費が占めており (図1)、肥料費は10a 当たり28,582円にも上る。全道における10a 当たり平均施肥量 (平成21年度) は窒素17.0kg、リン酸29.0kg、カリ13.0kg で (てん菜糖業年鑑2010)、

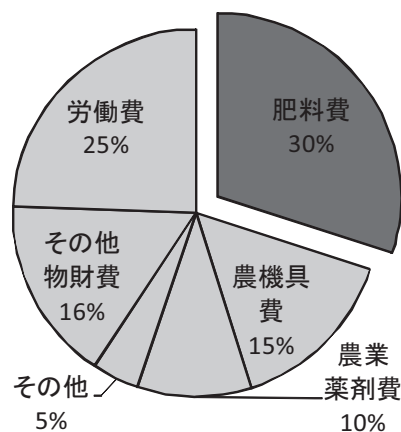


図1 平成21年産てん菜の生産費の構成割合 (農林水産統計)

「北海道施肥ガイド2010」(平成22年3月 北海道農政部発行) に示されている数値と比較して、窒素とカリは施肥標準量レベルであるものの、リン酸は施肥標準量20～22kg よりも明らかに多くなっている (表1)。すなわち、全道傾向で見ても減肥可能な余地があり、したがって肥料費を節約することで収益性を改善できる余地は十分にある。

ただし肥料費を節約してはみたものの、そのために減収を招いては本末転倒である。そのような失敗をしないために、「北海道施肥ガイド2010」を活用し、収量性を確保しながら適正施肥 (減肥) を実践することが重要である。

北海道施肥ガイド2010では、近年の増収傾向を反映させ、てん菜の基準収量を6000～7000kg/10a に改訂した。これに伴い、窒素施肥標準量をおおむね2kg/10a 増加した。また地帯区分を全道に一本化した。後述する土壤診断では、これらの施肥標準量を基礎に土壤の分析結果に基づいて施肥量を加減する。

表1 てんさいの施肥標準量

(単位: kg/10a)

要素	地帯区分	基準収量	低地土	泥炭土	火山性土	台地土
窒素(N)	全道	6000~7000	16	14	18	17
リン酸(P ₂ O ₅)	全道		20	20	22	20
カリ(K ₂ O)	全道		14	16	16	14
苦土(MgO)	全道		3	4	4	4
ホウ素(B ₂ O ₃)	全道		0.3	0.3	0.3	0.3

資料: 北海道施肥ガイド2010

注1: 施用窒素のうち硝酸態窒素割合は40%以下とする。

注2: 本施肥量は、移植栽培、直播栽培の両方に適用する。

表2 作土の熱水抽出性窒素診断値と窒素施肥量の対応表

熱水抽出性窒素診断値 (mg/100g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<
窒素施肥量 (kg/10a)	24	20	16	12	8					

資料: 「熱水抽出性窒素によるてん菜およびばれいしょ畑の土壌診断」(平成2年指導参考)注: 本表は全道に適用するが、野菜作跡地など多量の無機態窒素の残存が想定される場合は除く(この場合は、Bの無機態窒素診断が活用可能である)。また、対象土壌は、50cm以上の表層(多)腐植層を持つ黒ボク土と泥炭土を除く全土壌である。土壌の採取時期は前年秋、当年春どちらでも良い。

てん菜の土壌窒素診断は3種類 一場面に於いて使い分ける

これまでの試験研究の積み上げから、てん菜の土壌窒素診断には、A 作土の熱水抽出性窒素診断、B 0~60cm 土壌無機態窒素診断、C Nスコア法、の3種類の手法が整備されている。これらの3種類はいずれも全道で活用可能であるが、それぞれの特徴があり、以下のように使い分けるのが推奨されている。

A 作土の熱水抽出性窒素診断:

熱水抽出性窒素(AC-Nともいう)は、北海道ではてん菜以外の作物にも広く用いられている。この熱水抽出性窒素の分析値に基づき、表2からてん菜の適正な窒素施肥量を求めるのが本法である。本法は、有機物があまり施用されておらず、土壌中の易分解性有機態窒素が主たる窒素供給源である場合に活用するのが望ましい。なお熱水抽出性窒素の分析値は、通常3~4年程度継続利用することが可能であるが、有機物を多量施用した場合など、施肥量を大幅に変更する場合には土壌診断の頻度を高めて、土壌養分の適正化をはかる必要がある。

診断値の使用例を一つ示す。ここにAほ場とBほ場があるとする。両ほ場ともに普段あまり有機物が施用されていないが、熱水抽出性窒素診断

値はそれぞれ、5 mg/100gと2 mg/100gであった。表2に基づく、窒素施肥量は各々、Aほ場:16kg/10a、Bほ場:24kg/10a、となる。

B 0~60cm 土壌無機態窒素診断

道内の畑作地帯の中には、冬季間の降水量が少なく硝酸態窒素が土壌に残存しやすい地帯で、野菜作跡地など多量の無機態窒素の残存が想定される場合がある。また、新規購入地や借地など、過去の有機物投入履歴が不明な場合も少なくない。このような場合には、0~60cm 土壌無機態窒素診断が活用可能である。

本法を実践するには、まず「当年春の0~60cm 土壌硝酸態窒素量(kg/10a)」を求める必要がある。この分析は小型反射式光度計を用いて行うことができる(詳細は北海道施肥ガイド2010のp.39~40を参照して頂きたい)。

次に、後述する「Nスコア法」と同様に、「当年春の有機物施用量に対応したNスコア」を表3から求め、以下の手順①~⑤に従って窒素施肥量を決定する。

①当年春に0~60cm 土壌無機態窒素を測定し、以下によりNスコア合計推定値を計算した後、窒素施肥量を定める。

②Nスコア合計推定値=

$$\left[\begin{array}{l} \text{当年春の0~60cm土壌硝酸態窒素量 (kg/10a)} \times 1.1 \\ + \\ \text{当年春の有機物施用量に対応したNスコア (表3)} \end{array} \right]$$

③窒素施肥量(kg/10a) = 21 - Nスコア合計推定値

④得られた窒素施肥量は、ほ場条件に応じて±1(kg/10a)の範囲で加減する。

⑤上記で計算した窒素施肥量が4(kg/10a)未満であるときは、初期生育確保に最低限必要な窒素施肥量(スターターN)として4(kg/10a)を施用する。

資料: 「有機物等の窒素評価に基づくてんさいの窒素施肥対応」(平成19年普及推進)

1 計算例を示す: 「当年春の0~60cm 土壌硝酸態窒素量(kg/10a)」は5.5kg/10a。当年春に堆肥(単年施用と連用5年未満)を2 t/10aと牛尿

を 2 t/10a 施用した場合、表 3 から「当年春の有機物施用量に対応した N スコア」は $2 \times 1 + 2 \times 2.5 = 7$ となる。すなわち、「N スコア合計推定値」は $5.5 \times 1.1 + 7 = 13.05$ となるので、窒素施肥量は $21 - 13.05 = 7.95$ (kg/10a) となる。

C N スコア法

道内の畑作地帯、特に道東地域では有機物が比較的多く施用される場合が少なくない。このような場合には、有機物から供給される窒素を考慮する必要がある。施用された有機物の量が把握できている場合には、土壌窒素の分析を必要としない「N スコア法」が活用できる。この方法は、有機物施用等を N スコア (表 3) としたところ、てん菜の窒素吸収量と密接に関係することが明らかにされ (図 2)、すなわちてん菜の最適窒素吸収量とされる約 24kg/10a とするためには、窒素施肥量 + N スコアの合計値 = 21 (kg/10a) となるよう窒素施肥量を加減すればよいことに基づいている。N スコア法の手順は以下の①～④に示した。

- ① 窒素施肥量 (kg/10a) = 21 - 前作収穫後から施肥前までの N スコア合計値
- ② 得られた窒素施肥量は、ほ場条件に応じて ± 1 (kg/10a) の範囲で加減する。
- ③ 上記で計算した窒素施肥量が 4 (kg/10a) 未満であるときは、初期生育確保に最低限必要

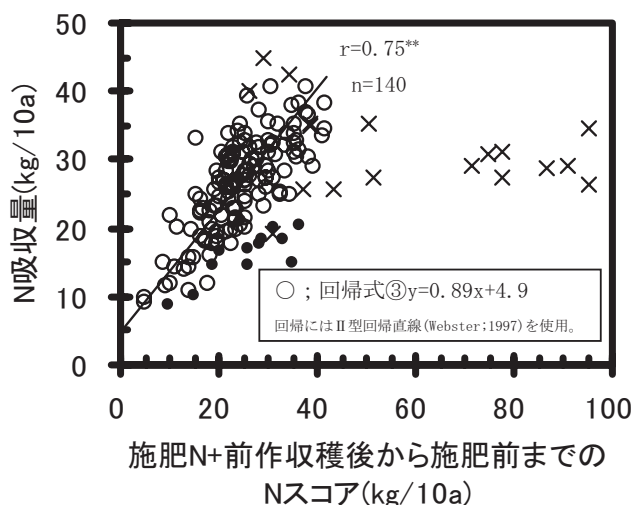


図 2 てん菜の窒素吸収量と窒素施肥量+前作収穫後から施肥前までの N スコアの関係
 (×; 有機物多量施用 (n=18)、●; 根腐病・褐斑病激発 (n=2) または土壌物理性不良 (n=4) または湿害 (十勝沿海2006年、n=7)、○; 上記以外。)
 出典: <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h19gaiyo/f3/2007311.pdf>

表 3 有機物その他の窒素供給源と N スコアの対応表

前作収穫後から施肥前までの有機物管理等	N スコア
堆肥 (単年施用と連用 5 年未満)	1 (1t あたり)
堆肥 (連用 5 ~ 10 年)	2 (")
堆肥 (連用 10 年以上)	3 (")
牛ふん尿スラリー	1.3 (")
豚ふん尿スラリー	1.3 (")
牛尿	2.5 (")
豚ふん	3.7 (")
鶏ふん	13 (")
てん菜茎葉すき込み (連作)	4 (一律)
転換畑 (転換初 ~ 2 年目)	1 (")
前作収穫後の緑肥への N 施肥	1 (N1kg/10a あたり)

資料: 「有機物等の窒素評価に基づくてんさいの窒素施肥対応」(平成 19 年普及推進)
 注 1: 堆肥には、牛ふん堆肥、牛ふんバーク堆肥、馬ふん堆肥を含む。
 注 2: 本表に示されない有機物を施用した場合は、(2) 有機物施用に伴う施肥対応による窒素減肥可能性を持って N スコアと見なす。ただし、前作残渣や緑肥のすき込みに伴う窒素減肥可能性は考慮しない。

な窒素施肥量 (スターター N) として 4 (kg/10a) を施用する。

- ④ 計算例: 小麦跡地にえんばく緑肥 (N3kg 施用)、牛ふん麦桿堆肥 4 t 施用 (4 年に一度施用)
 春先に豚ふん尿スラリー 2 t 散布した条件では、
 窒素施肥量 = $21 - (3 + 1 \times 4 + 1.3 \times 2) = 11.4$ (kg/10a)

リン酸、カリ、苦土の土壌診断と施肥対応

リン酸、カリ、苦土の土壌診断と施肥対応は、施肥標準量 (表 1) とそれぞれ土壌 (作土) の有効態リン酸含量 (トルオーグ法)、交換性カリ含量、交換性苦土含量の分析値に基づいて行う (表 4 ~ 6)。

堆肥や下水汚泥コンポストを施用した場合にはリン酸の減肥が可能

北海道施肥ガイド 2010 には、堆肥および下水汚泥コンポスト施用に伴うリン酸の減肥可能性が新たに示された。すなわち、堆肥 1 t につきリン酸 1 kg、石灰系下水汚泥コンポスト 1 t につきリン酸 5 kg、高分子系下水汚泥コンポスト 1 t につきリン酸 7.4kg、の減肥が可能である (表 7)。

多くの有機物に示されているカリ減肥可能性

カリは堆肥や下水汚泥コンポストのみならず、てん菜茎葉などのほ場副産物、緑肥、液状有機物

表4 有効態リン酸含量に基づくリン酸施肥量の加減対応表

有効態リン酸含量 (トルオーグ法)(P ₂ O ₅ mg/100g)	低い 0~5	やや低い 5~10	基準値 10~30	やや高い 30~60	高い 60~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	80	50

表5 交換性カリ含量に基づくカリ施肥量の加減対応表

交換性カリ含量 (K ₂ Omg/100g)	低い 0~8	やや低い 8~15	基準値 15~30	やや高い 30~50	高い 50~70	極高い 70~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	60	30	0

表6 交換性苦土含量に基づく苦土施肥量の加減対応表

交換性苦土含量 (MgO mg/100g)	低い 0~10	やや低い 10~25	基準値 25~45	高い 45~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	0

表7 有機物施用に伴うリン酸・カリ減肥可能量

有機物の種類	減肥可能量(kg/現物 t)	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
堆肥	1	4
バーク堆肥	1	3
下水汚泥コンポスト	5~7.4	1.6~2
豚ふん尿スラリー	-	2
牛尿	-	8
でんぷん排液(デカンター)	-	5

等を鋤き込み・施用した場合に減肥が可能である(表7)。詳細は北海道施肥ガイド2010を参照して頂きたい。

リン酸・カリ・苦土施肥量の計算例

例えば、火山性土のほ場において、小麦収穫後の土壌診断の結果が、有効態リン酸含量：30mg/100g、交換性カリ含量：42mg/100g、交換性苦土含量：40mg/100gであり、その後えん麦を後作緑肥として作付けし、かつてん菜作付け前までの期間に堆肥3 t/10aを施用した場合について、以下に施肥量の計算例を示す。

リン酸：火山性土なので施肥標準量は22kg/10a(表1)。有効態リン酸含量は30mg/100gで基準値の上限なので、施肥標準に対する施肥率は100%(表4)。堆肥3 t/10aの施用に伴いリン酸3 kg/10aの減肥が可能なので(表7)、必要なリン酸施肥量は22-3=19kg/10aとなる。

カリ：火山性土なので施肥標準量は16kg/10a(表1)。交換性カリ含量は42mgK₂O/100gで基準値を超えているので、施肥標準に対する施肥率は60%(表5)。さらに後作緑肥(えん麦)の作付けによってカリ10~20kg/10aの減肥が可能で、さらに堆肥3 t/10aの施用に伴いカリ3×4=12kg/10aの減肥が可能であることから、必要な

カリ施肥量は16×60/100-(10~20+12)=-12.4~-22.4kg/10aとなり、すなわちカリ施肥の必要はない。

苦土：火山性土なので施肥標準量は4 kg/10a(表1)。交換性苦土含量は40mg/100gで基準値内であることから、施肥標準に対する施肥率は100%(表6)。したがって必要な苦土施肥量は4 kg/10aとなる。

減肥の実践に当たって

生産現場からはよく「減肥しろといわれてもそれに見合った配合肥料がない」という意見が寄せられる。実際、個々のほ場にあった配合肥料を製造し流通させるのは不可能である。そのような場合でも、できるだけ不要な肥料を省く工夫をすれば、かなり肥料の節約ができる。

例えば、上記の例の場合、施肥量はリン酸：19kg/10a、カリ：0 kg/10a、苦土：4 kg/10aであり、さらにNスコア法で窒素施肥量も計算すると(後作緑肥えん麦作付け時に窒素施肥を4 kg/10a施用したとすれば)、21-(4+3)=14kg/10aとなる。これに見合った配合の肥料は存在しないが、この配分にはできるだけ近づけるためには、カリが少なく、窒素とリン酸の配合割合ができるだけ近い肥料銘柄を選んだ上でまずリン酸を基準に施肥量を決め、不足した窒素や苦土はあらかじめ全面散布しておくか、てん菜植え付け後の施肥カルチ時に補うなどで対応できる。あるいは、作条基肥(いわゆる畦切り時)の施肥は、リン安等を利用してリン酸施肥とそれに伴う窒素施肥のみとし、他の不足要素は全面散布や施肥カルチで補う、というやり方も考えられる。いずれ

にしても減肥＝肥料の節約、には何らかの工夫が必要である。ぜひ挑戦して肥料コストを削減し経営の改善をはかって頂きたい。

重要な土壌 pH 管理

てん菜は畑作4品の中で最も土壌の低 pH に弱いとされ、酸性障害が甚だしい場合には著しい減収をもたらす。実際、低収の原因が低 pH であるのに肥料不足であると誤解し多肥化に歯止めがかからず、肥料コストを無駄に増やしている事例がある。

移植栽培においても、土壌の低 pH は初期生育を大幅に抑制するので減収は避けられない。さらに直播栽培では移植栽培の場合のような紙筒による保護がないため、土壌の低 pH に加えて施肥による濃度障害などが加わり複合的にダメージが大きくなりやすい。

低 pH による初期生育の障害・遅延を根本的に回避するには、石灰質資材を投入しては場全体の pH を上昇させる以外に方法はない。移植栽培の場合には低くとも土壌診断基準値である pH5.5 以上に維持管理することが必要であり、直播栽培の場合にはさらなる酸性矯正が必須で、pH5.8 以上とするのが望ましい。

石灰作条施用は表8に示すように、移植栽培・直播栽培の両方において、初期生育向上に効果があり、増収が期待できる。石灰作条施用が有効である理由については、施肥位置（株間土壌）の pH 上昇とこれに伴う硝酸化成の促進やリン酸の有効化、CEC の増加など、株間（根圏域）の土壌環境を総合的に改善するためであろうと考えられている。

直播栽培における施肥法

直播の場合、施肥量の決め方については移植と同じであるが、その施肥法について注意する必要がある。前述のように、直播では紙筒による保護がないため、肥料による濃度障害等のダメージを受けやすい特徴があることから、全層施肥や分施、作条混和のような、てん菜の根圏域の肥料濃度が極端に高まらない施肥法を採用する必要がある。

表8 てん菜に対する石灰作条施用の効果

栽培様式	処理区*	作付け前の土壌 pH	収穫時の根重 t/10a	収穫時の糖量 kg/10a
移植	対照区	5.1	5.7 (100)	1010 (100)
	石灰作条区		5.9 (103)	1044 (103)
直播	対照区	5.7	4.3 (100)	683 (100)
	石灰作条区		4.5 (106)	725 (106)

資料：古館ら（北農2000）および笛木ら（土肥誌2002）より作成
注：石灰作条区の炭カル施用量はいずれも 80kg/10a (CaO 換算で 40kg/10a)。

表9 直播てん菜における3つの施肥法

施肥法	方法
全層施肥	肥料は碎土整地前にブロードキャスト等で全面散布し、碎土整地時に作土と混和する。
分施	①播種時の作条基肥は窒素を4kg/10a程度とし、リン酸、カリは施肥標準量とする（施肥対応も考慮する）。 ②窒素の分施（追肥）には尿素または硫酸を使用し、施肥標準量（総窒素施肥量）から播種時の作条窒素施肥量を減じた量を表面散布する。施用時期は出芽揃い期～2葉期とする。
作条混和	肥料全量を播種同時施肥する。

注1：基本的な施肥量は施肥標準量と同じであるが、窒素では4-2)土壌診断に基づく施肥対応により総窒素施用量を算出し、リン酸、カリは施肥対応を考慮する。

表10 直播てん菜における全層施肥の適用条件

4月下旬～6月の降水量	土壌条件	全層施肥の適用
210mm 未満	全土壌	可
210～300mm	下記以外	可
	砂質～礫質	不可
300mm 以上	全土壌	不可

資料：「てん菜直播無間引き栽培における初期生育の安定化技術」（平成9年指導参考）、「直播てんさいに対する低ストレス型施肥技術」（平成16年普及推進）

注1：亀裂の発達しやすい低地土等に全層施肥を適用した場合、一時的な多雨で窒素が下層に移動し、肥効が低下するおそれがある。

3つの施肥法の具体的な手順は表9に示した。

分施と作条混和は全道で適用可能だが、全層施肥については春～初夏に降水量の多い地帯では肥料の流亡に伴う肥効低下が懸念される場合がある。表10に示した全層施肥の適用条件を参考に、全層施肥が適用可能かどうかを確認するのが望ましい。

おわりに

以上述べたように、てん菜の適正施肥管理によるコスト削減の実践には「北海道施肥ガイド2010」が不可欠である。同ガイドを正しく理解し、てん菜のコスト削減を成功させて頂きたい。