Ⅲ　良質小麦生産のための施肥および土壌管理

地方独立行政法人　北海道立総合研究機構

農業研究本部　北見農業試験場　生産環境グループ　研究主任　**唐　　星　児**

1．施肥管理による安定生産と品質向上

1）秋まき小麦

(1) 窒素施肥の重要性

秋まき小麦の標準的な収量レベル(600kg／10a）における主な養分の吸収量を表１に示す。作物生育に必須の三要素である窒素、リン酸、カリの吸収量は、窒素とカリがほぼ同程度で、リン酸はその３分の１程度である。

これらの養分のうち、窒素は作物体をつくるために最も大切な要素で、窒素吸収量の多寡は生育に大きく影響する。窒素吸収量は標準的な施肥量（後述する窒素施肥標準）と見かけ上ほぼ同等である。ただし、吸収量に占める施肥由来窒素の割合は、40～70％程度（窒素追肥時期で変動）であり、残りの60～30％は土壌から供給された地力窒素に由来する。

表１．秋まき小麦の養分吸収量

（kg/10a、銅はｇ/10a）

区分＼要素	窒素 N	リン酸 P_2O_5	カリ K_2O	苦土 MgO	石灰 CaO	銅 Cu
地上部全体	14.0	4.8	15.8	1.1	1.9	6.0

注）収量レベル600kg／10aの場合。

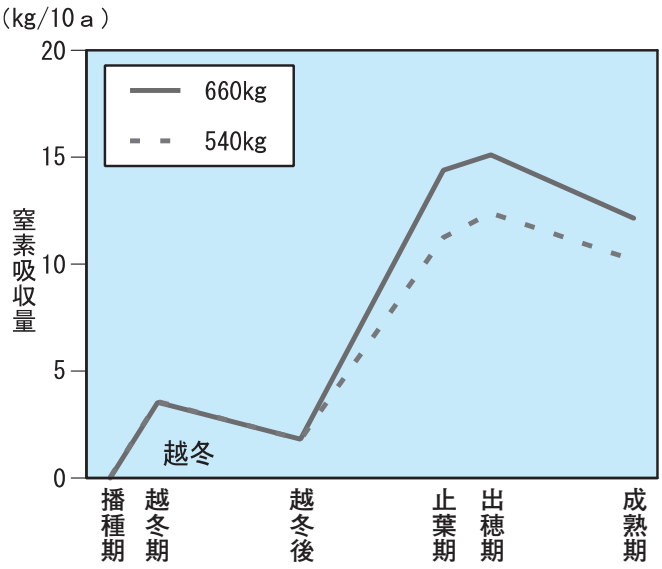

図１．秋まき小麦の窒素吸収経過（模式図）

秋まき小麦の標準的な窒素吸収経過を図１に示す。越冬前の吸収量は多くても３～４kg／10aである。越冬中に若干の損耗があるものの、越冬後は起生期直後から旺盛な吸収を示し、出穂期頃に最大値となり、成熟期にかけてやや減少する。

前述のとおり、窒素は小麦の生育に最も大きな影響を及ぼす養分であるため、これを上手に施用することが施肥のポイントとなる。

(2) 窒素施肥の基本的な考え方

秋まき小麦の窒素施肥は、は種時と融雪後に分けて施用することが基本である。

越冬前の窒素吸収量の目安は２～３kg／10a程度であり、これ以上吸収しても増収には必ずしも結びつかない（図２）。このため、越冬前の生育量を確保するためには、窒素肥沃度が低い土壌でもは種時に４kg／10a程度の窒素施肥で十分である。これ以上の過剰な施肥は施肥窒素の利用効率を低下させるだけである。

融雪後の窒素の追肥時期は、小麦の収量構成要素や収量、タンパク質含有率に影響を及ぼす。

追肥時期を起生期前から止葉期前までの間で異にした試験の例を表２に示す。これによると、窒素の追肥時期が早いと穂数を増加させる効果が大きく、反対に遅いと一穂粒数、千粒重を増大させる効果が大きくなることが分かる。また、出穂期以降の追肥によりタンパク質含有率を上昇させる効果が顕著に高まる。このような傾向は品種を問わず、秋まき小麦に共通の特徴である。

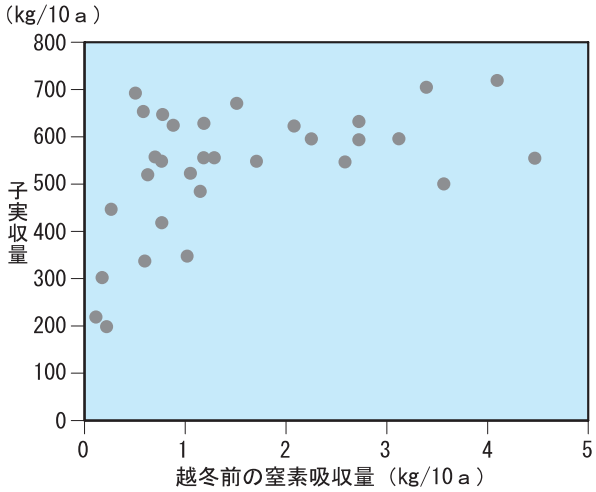

図２．越冬前の窒素吸収量と子実収量

これらのことを考慮して施肥の時期や量を適切に調節することで、収量構成要素をコントロールし、多収やタンパク質含有率の適正化が可能になる。例えば、小麦の生育状況と、これまでの収量やタンパク質含有率の実績を考慮した施肥対応として、以下のような例が想定される。

表２．窒素追肥時期が収量などに及ぼす影響

追肥時期	穂数（本/㎡）	千粒重（ｇ）	総粒数（千粒/㎡）	子実重（kg/10a）	蛋白含有率（％）
４月14日	652	38.6	14.7	567	9.5
４月21日	683	38.8	14.9	577	9.4
４月28日	626	40.6	13.8	562	10.2
５月６日	579	41.7	13.4	558	10.4
５月12日	485	42.6	11.8	501	11.4

注１）1994年収穫「チホクコムギ」の試験（十勝農試）。
注２）起生期は４月中旬の後半であった。

① 起生期の生育量と茎数が不足する場合 → 融雪後の早い時期に重点的に追肥する

② 起生期の生育量と茎数が過剰な場合 → 倒伏の危険性を軽減するため、起生期の追肥量を減らすか、追肥時期を幼穂形成期頃まで遅らせる

③ タンパク質含有率の実績が低い場合 → 止葉期から出穂期に追肥するか、出穂期以降に尿素の葉面散布を実施する

特に、現在の主力品種「きたほなみ」は、起生期以降の分けつが旺盛なため、多収と倒伏回避を両立するには、上記①、②を中心とした対応が重要となる。

⑶ 施肥標準（「きたほなみ」）

「北海道施肥ガイド2015」に掲載されている秋まき小麦（対象品種は「きたほなみ」）の施肥標準を表３に示す。

ここに示した基準収量とは、比較的良好な気象・土壌条件において適切な栽培管理を行った場合に達成可能な収量である。近年は土壌の違いによる収量差が縮まってきていることから、

基準収量は地帯区分のみで区別し設定されている。

施肥標準は、基準収量を確保するのに必要な施肥量である。窒素は中庸な肥沃度水準であること、リン酸、カリおよび苦土は「北海道施肥ガイド2015」の土壌診断基準値内にあることを前提としている。基準収量と異なる収量を想定する場合は、収量を30kg／10a増減する毎に、窒素施肥量を１kg／10a程度増減させて対応する。ただし、目標収量は実績に基づいて設定し、過大な目標としないことが肝要である。リン酸、カリおよび苦土の施肥量は、収量に応じた増減は行わず、土壌診断に基づいて施肥対応を行う。

なお、施肥標準は有機物無施用条件で設定されているため、堆肥等の有機物を施用した場合には、含まれる養分量に応じて減肥を行う（後述「２．有機物施用に伴う施肥対応」）。

表３．秋まき小麦の施肥標準　　（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）	道南、道央、道北の一部	580	14	12	14	14
	網走	720	18	16	18	18
	十勝山麓	650	16	－	16	16
	十勝中央部	720	18	－	18	－
	十勝沿海および釧路の一部	620	15	13	15	－
	根釧内陸	540	－	－	13	－
リン酸（P_2O_5）	全道		12	14	15	14
カリ（K_2O）	全道		9	10	10	9
苦土（MgO）	全道		3	4	4	4

注１）窒素は基肥として４kg／10a程度をは種時に、４kg／10a程度を止葉期に、残りを起生期から幼穂形成期に施用する。

注２）子実タンパク含有率が高くなるほ場では、止葉期の窒素は無施肥または施肥量を減じる。低くなるほ場では、開花後に尿素２％溶液100 L／10aの葉面散布（３回程度）を追加する。

注３）本表は、「めん用秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（平成20年普及推進）に基づき、「ホクシン」に比して基準収量を２割程度、窒素施肥標準を３～４kg／10a、それぞれ増加させた。

注４）基準収量は粗麦収量である。上の表と異なる収量を想定する場合は、収量を30kg／10a増減する毎に、窒素施肥量を１kg／10a程度増減させる。その際、収量は実績に基づいて設定し（「ホクシン」の実績を参考にする場合は、２割増を上限とする）、過大な収量を設定しないこと。

⑷　土壌診断および作物栄養診断に基づく窒素の施肥対応（「きたほなみ」）

①　道東地域

ア．は種時（基肥）

「きたほなみ」は融雪後の分げつが旺盛であるため、越冬前や起生期の時点で過繁茂になると倒伏リスクは高まり、起生期以降の窒素施肥の調節が難しくなる。このため、基肥量は４kg／10aを基本とする。ただし、は種時に土壌および有機物（前作残さ由来含む）からの窒素供給量が概ね２kg／10a以上見込まれる条件（表４）では、２kg／10aに減じる。なお、基肥量を０kg／10aにすると、越冬前の生育の確保が難しくなる。

表４．基肥窒素を２ kg／10aとする条件

１）圃場副産物のすき込みにより２kg／10a以上の窒素供給が見込まれる圃場（圃場副産物はC／N比が低くすき込み直後から窒素供給を見込めるものに限る）。
２）前作への堆肥４t／10a以上施用により２kg／10a以上の窒素供給が見込まれる圃場（前年秋施用を含む）。
３）前作付けによる窒素の吸い残しが予想される圃場（表層０－20cmの硝酸態窒素量２kg／10a以上）。

注１）圃場副産物からの窒素供給量・供給時期は「北海道緑肥作物等栽培利用指針（平成16年農政部）」により確認する。

注２）小麦連作圃場は対象としない。ただし、スラリー等の有機物を施用した場合は減肥対応を行う。

イ．起生期から幼穂形成期

小麦は施肥窒素に加え、土壌からも窒素を吸収する。このため、目標とする収量と品質（子実タンパク質含有率）を実現するには、個々のほ場について、土壌からの窒素供給量を把握し、これに基づいて起生期から幼穂形成期の間の施肥量を調節する必要がある。

ａ．施肥量

表５に従って、目標とする収量水準と起生期の土壌硝酸態窒素分析値（深さ０～60cm）から施肥量（A）を求める。目標とする収量水準は、個々のほ場の実績を考慮し、過大な値を設定しないことが重要である。また、このときの子実タンパク質含有率は、日本めん用タンパク基準値（9.7～11.3%）の中間値である10.5%を想定している。

起生期の土壌硝酸態窒素の分析は、毎年実施する必要がある。分析法の基本は通常法（生土20ｇに10%塩化カリウム溶液100mℓを加え60分間振とう後ろ過し、窒素分析装置で硝酸態窒素を定量）であるが、現地でも迅速かつ簡便に分析できる手法として、小型反射式光度計（RQフレックス）を用いた簡易法を推奨する。簡易法では、①供試土壌を風乾（40℃、24時間）して２mmメッシュの篩を通る程度に細かく砕き、②抽出液は水（水道水でも可）とし、③風乾土

表５．起生期から幼穂形成期の窒素施肥量（A）kg／10a

タンパク10.5%収量水準（kg／10a）	0～60cm深の起生期の土壌硝酸態窒素分析値（kg／10a）								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
	上記に対応した起生期から幼穂形成期の窒素追肥量（kg／10a）								
580	8	6	4	2	（2）	（2）	（2）	（2）	（2）
650	10	8	6	4	2	（2）	（2）	（2）	（2）
720	12	10	8	6	4	2	（2）	（2）	（2）
790	(14)	12	10	8	6	4	2	（2）	（2）
860	(16)	(14)	12	10	8	6	4	2	（2）
930	(18)	(16)	(14)	12	10	8	6	4	2

注１）土壌硝酸態窒素分析値は小数点以下を四捨五入し、奇数の場合の窒素追肥量は中間値を目安とする。

注２）右上の（ ）は起生期の最低限の窒素追肥量。左下の（ ）は倒伏およびタンパク過剰を招く恐れがあり望ましくない。

注３）土壌硝酸態窒素の分析にあたっては、小型反射式光度計（RQフレックス、Merck社製）の利用が可能である。なお、「小型反射式光度計を用いた土壌硝酸態窒素の簡易測定法」（平成19年普及推進）に記載された簡易法を用いた場合は、回帰式（y＝1.44x－2.21、y：通常法による分析値に基づいた硝酸態窒素量kg／10a、x：簡易法による分析値に基づいた硝酸態窒素量kg／10a）により、通常法に換算すること。この他、「堆肥施用畑における作物の窒素吸収・品質および土壌硝酸態窒素の簡易分析法」（平成20年指導参考）も提案されている。

壌１：水2.5の土液比で、④棒などにより１分程度（泥水が均質に混ざる程度）撹拌し、⑥ポーラスカップを用いたろ液採取装置等でろ液を採取し、⑤硝酸テスト（３－90mg／L　NO_3^- リフレクトクァント）を用いてRQフレックスで測定する。簡易法に従った場合には、「通常法＝簡易法×1.44－2.21」によって通常法の値に換算する。

ｂ．施肥配分

起生期から幼穂形成期の窒素施肥量（A）を求めたら、表６に従い、起生期の茎数に応じて起生期と幼穂形成期の施肥配分を決める。すなわち、起生期の茎数が1,000本／㎡以上の場合は、表５から求めた施肥量の全量を幼穂形成期に施用する。一方、起生期の茎数が1,000本／㎡未満の時は、施肥量の一部を起生期に施用可能である。ただし、起生期に２～４kg／10a、残りを幼穂形成期に施用するなど、できるだけ幼穂形成期に重点的に施肥することが望ましい。幼穂形成期に重点を置く理由は、「きたほなみ」の特性に鑑み、茎数を適切な本数に制御（過剰にしない）することで、倒伏を回避し子実の充実を図るためである。

表６．起生期の生育診断に基づく起生期と幼穂形成期の施肥配分

起生期の茎数から起生期と幼穂形成期の施肥配分を決める。
①　茎数が1,000本／㎡以上の場合：起生期は原則として無追肥とし、幼穂形成期に収量水準および起生期の土壌硝酸態窒素分析値によって求めた窒素施肥量Ａ（kg／10a）の全量を追肥する。なお、低窒素地力が予想される場合は②と同様に対応する。
②　茎数が1,000本／㎡未満の場合：起生期に追肥できる。
例：起生期に２～４（kg／10a）追肥し、幼穂形成期にＡ－（２～４）kg／10aを追肥

ウ．止葉期以降

止葉期以降の施肥量は、止葉期時点の上位茎数（写真１）と止葉直下葉の葉色値、および目標収量（粗原）を指標として、表７に従って算出する。

葉色値は葉緑素計SPAD-502（コニカミノルタ株式会社製）を用い、止葉直下葉の中央部の中肋を避けて15～20葉を測定し平均する。

上位茎数とは最上位展開葉の葉耳高が10cm以上の茎（上位茎）の本数である。同じく10cm未満の茎（下位茎）は生育の推移に伴い淘汰される（出穂しない）ため、上位茎数は収穫時の穂数と密接に関連するとされる。止葉期の上位茎数が900本／㎡以上のとき、穂数は倒伏の発生が懸念される700本／㎡以上になると予想されることから、上位茎数は植物成長調整剤（倒伏軽減剤）の要否判断の材料にもなる。

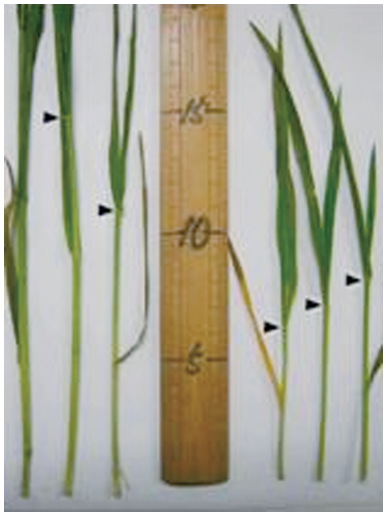

写真１．止葉期の上位茎（左：葉耳高10cm以上）と下位茎（右：同10cm未満）の区別

表７．止葉期の生育診断に基づく止葉期以降の窒素施肥量

止葉期の上位茎数（最上位完全展開葉の葉耳高10cm以上の茎数、本／㎡）及び葉色値（止葉直下葉の葉色値、SPAD）を求め、下表の手順から止葉期以降の窒素追肥量を算出する。
①　止葉期の窒素吸収量（B、kg／10a）＝0.0004×止葉期の上位茎数×葉色値－1.2を求める。
②　成熟期の窒素吸収量（C、kg／10a）＝0.58×B＋6.6を求める。
③　成熟期の目標窒素吸収量（D、kg／10a）＝0.017×（目標収量（粗原）、kg／10a）＋5.1を求める。
④　止葉期以降の窒素追肥量（kg／10a）＝（D－C）／0.7

注１）止葉期の追肥量は４kg／10a、開花期の追肥量は３kg／10a、を基本とし、合計追肥量は７kg／10aを上限とする。開花期追肥の方が倒伏を招きにくい。上位茎数が900本／㎡を越える場合には特に倒伏に留意する。また下層土からの窒素供給が予想される土壌条件では止葉期以降の追肥を行わない。
注２）上記の方法によらない場合は、止葉期に４kg／10a追肥する。ただし、高タンパク（11.3％超）が懸念されるほ場では止葉期は無追肥もしくは追肥量を減じる。低タンパクが懸念されるほ場では、さらに開花後に尿素２％溶液の葉面散布（100L／10a）３回程度を行う。
【表４～７の出典】「めん用秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（平成20年普及推進）、「道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（平成23年普及推進）

② 道北地域

道北地域における「きたほなみ」の窒素施肥法を表８に示す。

道北地域（上川・留萌管内）において生産性が制限されている要因として、は種時期が早くは種量も多いため過繁茂の生育経過に陥りやすいこと、かつ窒素地力が全般に低いにもかかわらず倒伏を懸念して起生期以降の施肥量が抑えられていることが挙げられる。また、５月下旬以降に比較的高温で推移し、かつ土壌物理性が不良であるために急速に登熟が進むことなども挙げられる。

このように、土壌からの窒素供給量が乏しいほ場の多い道北地域では、幼穂形成期における４kg／10aの窒素追肥は必須である。また、止葉期の追肥量はタンパク質含有率の実績に応じて増減させる。

表８．道北地域における「きたほなみ」の窒素施肥法

タンパク質含有率の実績	窒素施肥量（kg／10a）			
	基肥	起生期	幼穂形成期	止葉期
通常	4 ※注3	6	4	4
低タンパク圃場 ※注1				6あるいは4＋葉3 ※注4
高タンパク圃場 ※注2				0～3

注１）低タンパク（9.7%未満）の実績が多いほ場。

注２）高タンパク（11.3%超過）の実績が多いほ場。

注３）泥炭土で適期は種の場合は２kg／10a。

注４）止葉期に６kg／10a、あるいは止葉期に４kg／10aに加えて開花後に尿素２%溶液の葉面散布（100L／10a）３回程度を行う。

【出典】「道北地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（平成23年普及推進）、「秋まき小麦「きたほなみ」の生産実績を活用した窒素施肥設計法と生育管理ツール」（平成26年普及推進）

③ 道央地域

道央地域における「きたほなみ」の窒素施肥法を表９に示す。

道央地域では、主に土壌型、起生期の茎数、予想されるタンパク質含有率を指標にして施肥量を決定する。たとえば、低地土、火山性土、泥炭土については、起生期の茎数が多い場合は中庸な場合に比べて起生期の減肥が、反対に起生期の茎数が少ないと幼穂形成期での増肥がそれぞれ必要である。台地土では、概して窒素地力が低く倒伏の危険性も低いことから、起生期茎数が1,300本／㎡未満の場合には幼穂形成期に４kg／10aの追肥を行う。さらに、タンパク質含有率に強く影響する止葉期および開花後の追肥については、土壌型を問わず、前者では４kg／10a、後者では０kg／10aを基本とするが、予想されるタンパク質含有率の程度や、出穂

期の止葉直下葉の葉色値などによって調節する。

表９．道央地域における「きたほなみ」の窒素施肥法

土壌型	起生期茎数（本／㎡）	窒素施肥量（kg／10a）				
		基肥	起生期	幼穂形成期	止葉期	開花後
低地土 火山性土 泥炭土	1,300以上	4 ※注1	2	0	4 ※注3	0 ※注4
	800～1,300		6	0		
	800未満		6	4 ※注2		
台地土	1,300以上		6	0		
	1,300未満			4		

注１）泥炭土で適期は種の場合は２kg／10a。
注２）最大値。
注３）高タンパク（11.3%超）が懸念されるほ場では無追肥もしくは追肥量を減じる。
注４）低タンパク（9.7%未満）が懸念されるほ場では、追肥（尿素２％溶液の葉面散布（100L／10a）３回程度）を行う。なお、出穂期の止葉直下葉の葉色値（SPAD）が50以上では追肥を行わない。
【出典】「道央地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（平成23年普及推進）、「秋まき小麦「きたほなみ」の生産実績を活用した窒素施肥設計法と生育管理ツール」（平成26年普及推進）

⑸　その他の品種での対応

①「ゆめちから」

「ゆめちから」はタンパク質含有率が「きたほなみ」「キタノカオリ」より高い。「ゆめちから」の窒素施肥法を表10に示す。窒素施肥の特徴としては、超強力小麦の特性を活かすためタ

表10.「ゆめちから」の窒素施肥法

収量600kg／10a、子実タンパク14.0%を目標とする場合

地域	生育期節別窒素施肥量（kg／10a）			
	基肥	起生期	幼穂形成期	止葉期
道央	4	9	0	6 ※注3
道北	4	6	6	6 ※注3
道東	4	8	0	6 ※注3

注１）基肥は４kg／10aを上限とする。
注２）当該ほ場または近隣ほ場における「ゆめちから」の過去の生産実績データがある場合は、「ゆめちから」に対応した窒素施肥設計シミュレートツールNDASにより窒素施肥体系を調節できる。
注３）泥炭土を除き、止葉期に止葉直下葉の葉色を測定し、葉色値が道央・道北で45未満、道東で49未満の場合はタンパクが13%を下回る可能性が高いため、止葉期の増肥や開花後の尿素２％溶液の葉面散布（100L／10a）を行う。また葉色値が道東で53以上の場合はタンパクが15.5%を上回る可能性が高いため、止葉期の減肥を行う。増減肥の目安は窒素施肥量３kg／10aにつきタンパクがおよそ１ポイント変動するとして行う。
注４）標準窒素施肥体系に従った上での黄化は施肥以外の要因（土壌物理性不良、低pH、病害等）による可能性が高く、黄化対策としての安易な窒素追肥はタンパクを過度に高める恐れがある。
【出典】「秋まき小麦「ゆめちから」の高品質安定栽培法」（平成27年普及推進）

ンパク質含有率の目標も高く設定され、起生期、止葉期以降の施肥量が「きたほなみ」より多い。道北では他地域より地力が低めであることを考慮し、起生期と幼穂形成期の合計量が多く設定されている。止葉期に葉色による診断を行い、必要に応じて止葉期の増減肥や開花後の葉面散布を行う。

②「キタノカオリ」

「キタノカオリ」はタンパク質含有率が「きたほなみ」より高く、耐倒伏性にも優れる。

窒素施肥法を表11に示す。窒素施肥の特徴としては、「ゆめちから」同様、起生期と、止葉期以降の施肥量が「きたほなみ」より多い。道東地域では幼穂形成期以降が「ゆめちから」より２kg／10a多いが、タンパク質含有率が「ゆめちから」に比べて上がりにくいためである。

表11.「キタノカオリ」の窒素施肥法

収量600kg／10a、子実タンパク11.5％以上を目標とする場合

<table>
<tr><th rowspan="2">地域</th><th rowspan="2">総窒素
施肥量
（kg／10a）</th><th colspan="5">生育期節別窒素施肥量（kg／10a）</th><th rowspan="2">備　　考</th></tr>
<tr><th>基　肥</th><th>起生期</th><th>幼穂形成期</th><th>止葉期</th><th>開花期以降</th></tr>
<tr><td rowspan="2">道央</td><td rowspan="2">19</td><td rowspan="2">4</td><td colspan="2" rowspan="2">9
（起生期６＋幼穂形成期までに３）</td><td>6</td><td>0</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>葉３</td><td>低タンパクが懸念される圃場</td></tr>
<tr><td>道東</td><td>20</td><td>4</td><td>8</td><td colspan="2">5
（幼穂形成期を中心に止葉期までに配分）</td><td>葉３</td><td></td></tr>
</table>

注１）道東は乾性火山性土、沖積土における熱水抽出性窒素が３～４mg／100ｇを想定。

注２）開花期以降の葉３は尿素２％溶液100L／10aの葉面散布を３回程度行うことを表す。

【出典】「パン用秋まき小麦「キタノカオリ」の良質安定多収栽培法」（平成16年普及推進）

なお、水田転換畑においては葉色診断による穂揃期の窒素追肥の判定が可能である（図３）。すなわち、穂揃期に止葉直下葉の葉色を測定し、葉色値が52以上の時はそれ以降の追肥は行わない。葉色値が50～52の時は３kg／10a、葉色値が50未満の時は６kg／10aの穂揃期追肥を行う。本診断を適用する範囲として、穂揃期の茎数が460～690本／㎡（収穫期穂数440～640本／㎡）の範囲で、さらに穂揃期の葉色45以上の場合とする。

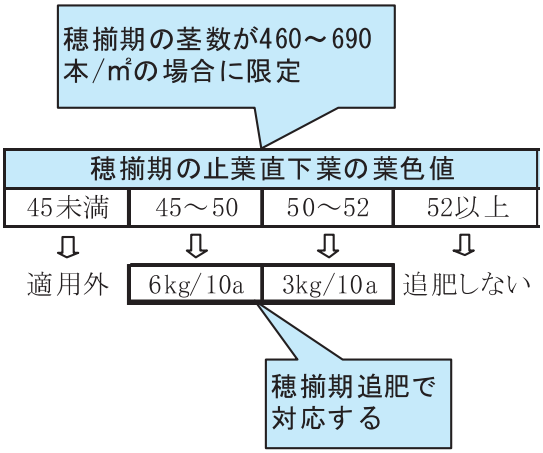

図３　道央水田転換畑における「キタノカオリ」の葉色診断法

③「つるきち」

「つるきち」は、タンパク質含有率が「きたほなみ」「キタノカオリ」より高く、耐倒伏性は「きたほなみ」より高い。また、茎数が比較的早い時期から減りやすく穂数を確保しにくい特徴があり、栽培特性は「きたほなみ」と異なる。

「つるきち」の窒素施肥法を表12に示す。窒素施肥の特徴としては、「キタノカオリ」に近いが、道央では起生期と幼穂形成期の合計量が、道東では止葉期の追肥量が多く、配分が前へシフトされている。止葉期に葉色（道央・道北）または葉色と上位茎数（道東）による生育診断を行い、必要に応じて止葉期に減肥を行う。

表12.「つるきち」の窒素施肥法

収量600kg／10a、子実タンパク13.0％を目標とする場合

地域	生育期節別窒素施肥量（kg／10a）			
	基肥	起生期	幼穂形成期	止葉期
共　通	4	8	4	4 ※注3

注１）基肥は４kg／10aを原則とする。

注２）当該ほ場または近隣ほ場における「つるきち」の過去の生産実績データがある場合は、「つるきち」に対応した窒素施肥設計シミュレートツールNDASにより窒素施肥体系を調節できる。

注３）道央・道北では止葉期の止葉直下葉の葉色を測定し、葉色値が53以上の場合に、道東では止葉期の止葉直下葉の葉色値と上位茎数（本／㎡）を測定し、その積（GI＝葉色値×上位茎数）が38,000以上の場合に、タンパクが14％を上回る可能性が高いため、止葉期の減肥を行う。減肥の目安は窒素施肥量４kg／10aにつきタンパクがおよそ１ポイント変動するとして行う。

【出典】「硬質秋まき小麦「つるきち」の高品質安定栽培法」（平成29年指導参考）

⑹ 土壌診断に基づくリン酸、カリ、苦土の施肥対応（品種を問わず）

リン酸、カリ、苦土は土壌中における移動・流亡が少ないので、は種時に基肥として作条施用するのが一般的である。施用量は表３に示す施肥標準を基準として、土壌診断や有機物の施用に応じて増減する（表13、18）。近年、道内の普通畑の交換性カリ含量は過剰傾向にあり、全体の64％のほ場が土壌診断の基準値以上となっている。また、有効態リン酸含量も51％のほ場で基準値以上である（平成26年指導参考事項）。

土壌の有効態リン酸や交換性塩基含量が多い場合、それら要素の吸収量が増えることで、小麦の子実灰分が高まる傾向にある。有効態リン酸や交換性塩基の土壌蓄積を回避するため、土壌診断に基づき施肥量を適切にする必要がある。特にリン酸の過剰施肥は、子実灰分を上昇させる危険性があるため控えるべきである。

表13. 土壌診断に基づくリン酸、カリ、苦土施肥の施肥対応

ａ）リン酸施肥

有効態リン酸含量（トルオーグ法）(P_2O_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

ｂ）カリ施肥

交換性カリ含量（K_2O mg／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

ｃ）苦土施肥

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

⑺ 生育管理ツールを活用した施肥設計

ここまで、主力品種「きたほなみ」および他品種について述べてきたとおり、タンパク質含有率の基準値を守り、かつ収量を安定的に確保するためには、過去の生産実績を考慮したうえ、土壌診断や生育診断に基づいた施肥設計が重要である。しかし、土壌診断や生育診断に基づいた施肥設計は必ずしも容易な作業ではない。そこで、過去の生産実績からほ場の窒素供給特性を算出し、起生期以降の窒素施肥が収量とタンパク質含有率にどう影響するのかをシミュレートする表計算ソフト（窒素施肥シミュレートツールNDAS（エヌダス）、止葉期生育診断ツー

ルT-NDAS（ティー・エヌダス）が開発され、以下のサイトで公開されている。対象品種は「きたほなみ」、「ゆめちから」および「つるきち」（T-NDASは「きたほなみ」のみ）であり、参考にされたい。

http : //www.hro.or.jp/list/agricultural/center/ndas/index.html

2）春まき小麦

⑴ 施肥標準（「春よ恋」、「ハルユタカ」）

「北海道施肥ガイド2015」に掲載されている春まき小麦の施肥標準を表14に示す。通常の栽培（春まき）では窒素の分施は行わず、全量を基肥として施用する。

表14. 春まき小麦の施肥標準（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）	道南、道央、道北の一部	360	8	6	9	9
	網走	450	10	8	11	11
	十勝中央部	420	9	−	10	−
	十勝山麓、沿海および釧路の一部	330	7	9	8	−
リン酸（P_2O_5）	全道		12	14	15	14
カリ（K_2O）	全道		8	9	9	8
苦土（MgO）	全道		3	4	4	4

注１）本施肥標準は「春よ恋」・「ハルユタカ」を対象とし、多条まきを前提とした。

注２）倒伏の危険性のある地域については窒素施肥量を30％程度減ずる。

注３）基準収量は粗麦収量である。実績に基づいて上の表と異なる収量を想定する場合は、収量を30kg／10a増減する毎に、窒素施肥量を１kg／10a程度増減させる。ただし、過大な収量を設定しないこと。

注４）リン酸・カリ・苦土は「はるきらり」も対象とする。

施肥標準の対象品種は「春よ恋」と「ハルユタカ」である。「春よ恋」は「ハルユタカ」に比べ長稈で倒伏しやすい特徴を有する。「春よ恋」において倒伏の危険性が高まる窒素吸収量は15kg／10a以上で、その際の収量は430kg／10a以上、穂数500本／㎡以上である。このため「春よ恋」では目標収量を過大に設定しないとともに、高地力で多収となるほ場で倒伏程度を「ハルユタカ」並みに抑えるには、窒素施肥量を25％程度減らす必要がある。

⑵ 穂揃期生育診断による追肥対応（上川地域、「春よ恋」）

上川地域限定であるが、「春よ恋」の高品質・安定多収を目的とした開花期以降の尿素葉面散布の要否判定基準が示されている（表15）。

この判定基準では、穂揃期の止葉直下葉の葉色値と同時期の草丈（地面から垂直に伸ばした止葉先端までの高さ）との積を生育診断の指標とし、推定される収量水準別に対応を示している。収量を推定する際には、過去の収量実績に加え、当年の生育状況、特に出穂期の早晩を参考にする。上川地域では出穂期が６月20日以前であれば収量はおおむね400kg／10a以上、７月以降であれば400kg／10a未満となる場合が多い。

表15. 穂揃期生育診断による開花期以降の追肥要否基準

生育診断値	推定粗子実重（kg／10a）	
穂揃期の草丈（cm） × 止葉直下葉葉色値	200～400	400以上
3300以上	追肥不可	
2800～3300	追肥不可	追肥推奨
2500～2800	追肥推奨	
2500以下	要追肥	

注１）要追肥：タンパク質含有率が低いため、開花期以降一週間間隔で２％尿素葉面散布を３回行う。

注２）追肥推奨：タンパク質含有率におおむね問題はないが、収量向上を目的とした追肥を推奨する。

注３）追肥不可：タンパク質含有率が高い、または倒伏助長の危険性があるため、追肥は行わない。

注４）子実重は過年度の実績等から推定し、200kg／10a以下の場合、本要否基準は適応できない。

【出典】「上川地域における春まき小麦「春よ恋」に対する尿素葉面散布効果と追肥要否判定」（平成19年普及推進）

⑶ 「はるきらり」に対する窒素施肥法

① 道央・道北地域

「はるきらり」は「春よ恋」より倒伏しにくく、多収が期待できるため、道央・道北地域での基肥窒素量は12kg／10aを超えない範囲で「春よ恋」の標準施肥量（表14）から３kg／10a程度増肥する。また、基肥窒素量の多少に関わらず、タンパク質含有率と品質・子実重の向上のため、必ず生育後期に追肥を行う。追肥を行う場合、上川地域など登熟日数が短くかつ少雨条件になりやすい地帯では、開花期以降に葉面散布を３回（尿素２％溶液の葉面散布（100L／10a）を１週間おきに３回、窒素量で約３kg／10a）、道央地域など登熟日数が比較的長い地帯では同４回または止葉期に硫安を表面施用（約４kg／10a）するのが効果的である。

② 道東地域

道東地域については、土壌の窒素肥沃度区分に応じた施肥法が示されている（表16）。道東での「はるきらり」は道央・道北地域に比べ穂数型の生育を示すため倒伏が発生しやすい。このため、窒素肥沃度区分によっては植物成長調整剤（倒伏軽減剤）の使用が推奨されている。

表16 道東地域における「はるきらり」の窒素施肥法

窒素肥沃度区分 熱水抽出性窒素(mg／100ｇ)	窒素施肥量（kg／10a）			植物成長調整剤の使用
	基 肥	止葉期	開花期以降	
低：５未満	12	4	3	特に散布を前提としない
中：５～10	12	0	4	推奨
高：10以上	8	0	4	推奨

注１）窒素施肥量はタンパク質含有率11.5%以上を目標とする値であるが、多収（粗原子実重540kg／10a以上）の場合は下回る場合がある。

注２）窒素肥沃度区分「低」は、「中」や「高」に比べ低収になりやすい。

注３）窒素肥沃度区分「高」は、倒伏発生の危険が高いため基肥量は過去の栽培実績も考慮する。

注４）植物成長調整剤は、クロルメコート液剤などの茎稈伸長抑制を目的とする薬剤を指す。

注５）有機物施用および残作残さの還元による窒素施肥対応は従来どおり。

【出典】「道東地域における春まき小麦「はるきらり」の高品質安定栽培法」（平成25年普及推進）

(4) 初冬まき栽培

春まき小麦の初冬まき栽培における窒素施肥法は秋まき小麦と同様の考え方が基本となるが、は種時の窒素施肥は行わず、融雪直後と止葉期以降に分肥する。各品種の方法は以下のとおりである。

① 「ハルユタカ」

融雪直後に９～10kg／10a程度を施用、止葉期に６kg／10aを上限に追肥する。

② 「春よ恋」

融雪直後に春まき栽培の施肥標準量より３ kg／10a少ない量を施肥し、開花期以降に３回の尿素葉面散布（窒素量で約３kg／10a）、または出穂期に３kg／10aの追肥を行う。泥炭土では分けて施用せず、春まき栽培の標準量（表14）を融雪直後に全量施用する。

ただし、上川北部および留萌地域においては、道央部に比較して融雪期が遅い、出穂期までの積算気温が低い、降水量が少ないといった気象的条件により、道央部に比較して短稈・少穂で倒伏しにくい生育相となる特徴がみられることから、土壌の熱水抽出性窒素含量を指標とした窒素施肥法が示されており（表17）、これを参考にする。

表17.「春よ恋」の初冬まき栽培における窒素施肥法（上川北部および留萌地域）

項目		地力区分		
		低	中	高
熱水抽出性窒素（mg／100ｇ）または腐植含量（％）		～5	～10	10～
窒素施肥量（kg／10a）	融雪期[2)]	12	9	4
	穂揃期[3)]	3	3	3
目標子実収量（粗麦） 目標タンパク質含有率		480kg／10a 11.5～14.0％		

注１）土壌診断基準値を満たし、かつ心土破砕などの基本技術を実施し、土壌の物理性や化学性が良好なほ場を対象とする。

注２）倒伏の可能性があるほ場（「稈長90cm以上」または「稈長80cm以上かつ穂数700本／㎡以上」）では減肥する。

注３）３kg／10aを上限とし、タンパク質含有率の過年度実績により減肥する（窒素１kgあたりタンパク含有率0.2％を目安）。

【出典】「道北地域における春まき小麦初冬まき栽培技術の実証」（平成22年普及推進）

③「はるきらり」

「ハルユタカ」の標準施肥量（融雪直後９～10kg／10a＋止葉期６kg／10a）に加え、タンパク質含有率を好適範囲までに上昇させるため、開花期以降３～４回の尿素葉面散布（窒素量で約３～４kg／10a）を行う。

なお、初冬まきで倒伏が懸念される場合には、品種を問わず、融雪直後の窒素施肥量を減らす、止葉期の窒素追肥を出穂期まで遅らせるなどの対応をとる。また、リン酸、カリ、苦土は、春まき栽培の施肥標準および土壌診断に基づく施肥対応に準じた量を、基肥または融雪直後に施用する。

２．有機物施用に伴う施肥対応

１）有機物施用に伴う減肥

北海道施肥ガイドの施肥標準は有機物を施用しない場合の施肥量である。したがって、有機物を施用したときには、有機物から供給される養分を施肥量から差し引く必要がある。代表的な例として、「北海道施肥ガイド2015」に掲載されている堆肥類を施用した場合の減肥可能量を表18に示した。堆肥類以外の有機物（ほ場副産物、緑肥など）については同ガイドを参照されたい。

表18. 堆肥類の肥料換算係数と減肥可能量

有　機　物	乾物率（%）	成分量：A（kg／現物t）			肥料換算係数：B（化学肥料＝1.0）			減肥可能量：A×B（kg／現物t）		
		T－N	P_2O_5	K_2O	T－N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
堆肥										
単年～連用4年まで	30	5.0	5.0	4.0	0.2	0.6	1.0	1.0	3.0	4.0
連用5～9年								2.0	3.0	4.0
連用10年以上								3.0	3.0	4.0
バーク堆肥	40	5.0	5.0	3.0	0～0.1	0.6	1.0	0～0.5	3.0	3.0
下水汚泥コンポスト 高分子系	85	18	37	2.0	0.2	0.2	1.0	3.6	7.4	2.0

注1）ここでの堆肥は牛ふん麦稈堆肥であり、材料の種類などにより減肥可能量は変動する。このため、可能なら成分濃度を測定し、成分量に肥料換算係数を乗じて減肥可能量に読み替える。
注2）堆肥およびバーク堆肥のリン酸の肥料換算係数は「有機物の肥効評価と局所施肥を活用した畑作物・野菜に対するリン酸減肥指針（平成25年普及推進）」によった。なお、堆肥をボトムプラウ耕起ですき込んだ場合はリン酸の肥料換算係数を0.2、減肥可能量を1.0とする。
注3）熱水抽出性窒素の分析値に基づく窒素施肥対応を行う際には、堆肥を5年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる（連用効果の重複評価を避けるため）。
注4）作物の品質低下、倒伏および硝酸態窒素の流亡を考慮し、堆肥の単年度における施用量の上限を5t／10a程度、連用条件における施用量の上限を年3 t／10a程度とする。
注5）秋施用は窒素の溶脱を避けるため10月中旬以降に行い、散布後耕起することが望ましい。
注6）でん粉粕を給与した牛や豚のふん尿堆肥は草地に還元し、当面畑地への還元を避ける。
【出典】「でん粉粕中に存在するジャガイモそうか病菌の飼料利用場面における動態」（平成19年指導参考）
注7）下水汚泥コンポストの減肥可能量は既往の栽培試験の結果を参考にした（高分子系：平成4年指導参考）。なお、施用にあたっては「都市下水汚泥の農地施用基準」に従う。

2）野菜残さすき込みあとの減肥

収穫後のキャベツの外葉（残さ）に含まれる窒素量は10aあたり10kgにもなる。キャベツ後に秋まき小麦をは種した試験例によれば、8月上旬以降に外葉をすき込んだ場合には、小麦は種までの降水量が200㎜以下の場合には4kg／10a、それ以上の場合でも2kg／10aの窒素減肥が可能であった。

減肥できる窒素量は、残さとしてすき込んだ外葉の窒素量の20～40％に相当する。収穫率が低くキャベツの結球までもすき込んだ場合や他の野菜茎葉をすき込んだ場合は、この利用率を参考に当面の窒素減肥対応を行う。

3．安定生産と品質向上のための土壌管理

1）輪作体系の確立

畑作物の栽培体系は4年以上の輪作を行うことが望ましい。しかし、前作が制約を受けるなどのために、連作や短期輪作となる場合も少なくない。また、水田転作畑では長期にわたって連作される例もある。

秋まき小麦は連作しても収量低下が目立たないこともある。しかし、連作の試験では輪作に

比べて最大55％減収した事例、連作が進むにつれて減収が顕著となる例などがある（表19）。

表19. 秋まき小麦の連作による減収例

試 験 地	連作年数	平均減収割合（最大減収割合）	減 収 の 要 因
十勝農試a	2～10	25（55）	雪腐病、条斑病、根基部褐変、短稈化・無効茎発生・茎数減
北見農試b	2～6	16	雪腐病
	7～18	51	雪腐病、同定不能糸状菌による障害
	19～42	26	雪腐病、葉の黄化萎縮症状
北農試畑作部c	2～7	（34）	

注） a：異なる輪作体系における畑作物の収量反応ならびに土壌微生物特性の変動、平成７年指導参考事項
b：畑作物の輪作様式が収量の長期変動に及ぼす影響とその要因、平成13年指導参考事項
c：有機物施用による根圏生態系の改善、北海道農試研報　152、33－89（1989）

連作によって多発する土壌病害として、条斑病、立枯病、眼紋病などが知られている。加えて、道央部の小麦作付け頻度が高い地域などでは縞萎縮病が目立つようになり、これも連作、短期輪作の弊害である。これらの病害が発生すれば大きな減収となる。はっきりした病害が発生しない場合でも、葉の黄化萎縮、根基部の褐変、有効茎の減少などが起こり減収する場合が多い。

また、このような場合、生育後期まで根の活性が保たれないので、粒厚の発達が阻害され、容積重の基準を満たすことが難しくなる。さらに、連作障害の軽減技術として窒素を多肥する傾向が見られるが、子実の高タンパク化による粉色劣化の原因となるなど、連作は品質の低下を引き起こす要因ともなり得る。

短期輪作や連作を避けるためには、前作となる作物を確保する必要がある。収穫期の遅い大豆、小豆なども畦間は種を行うことで前作とすることができる。また、総合的な地力対策や病害虫対策なども含めて休閑緑肥を組み合わせる方法や、草地との交換耕作なども考えられる。

このように輪作体系を確立するためには、新規作物の導入なども加えた、地域的な取り組みも含めての検討が望まれる。

2）土壌物理性の改善

(1) は種前の耕起法

秋まき小麦の安定生産のためには、まず十分な出芽率を確保することが重要である。「きたほなみ」の適正は種量は地域によらず140粒／㎡程度と「ホクシン」に比べてかなり少なく設定されているが、これは十分な出芽率を前提としている。

出芽率の低下や、不揃いを招く原因の１つには種深度が深いことがあげられる。小麦作付け前には、根が深く張ることを意識して深起こしする場合がある。この際、鎮圧が不十分だと作業機が自重で沈み込んでは種深度にむらができやすい。この対策として、鎮圧ローラーを利用して、耕起後に作土をある程度鎮圧する方法が有効である。

従来から、排水性が良く砕土も容易な火山性土では、プラウ耕を省略することが可能であり、作業時間の短縮もねらって、スプリングハロー、チゼル耕を利用したは種床造成も行われている。一方、強粘質転換畑では、排水が悪い故にプラウ耕の省略が望まれる場合がある。道央の強粘質転換畑におけるプラウ耕起区の収量は、チゼル耕起区や無耕起区（ロータリ整地のみ）に劣る場合が多く、その主な要因は、練り返しやり底盤の形成による土壌物理性の低下である。練り返し等による土壌物理性の悪化を招きやすい強粘質転換畑（おおむね作土の土性がLiC～HC、かつ腐植含量が５％以下）では、ロータリ整地のみの簡易耕、あるいはほ場乾燥時のチゼル耕が有効である。

(2) 排水対策

転換畑など透排水性が不良なほ場では、基本的な排水対策が欠かせない。排水不良の要因に応じた改良法を表20に示す。

表20. 排水不良地の基本的改良法

排水法 ＼ 排水不良要因区分	明渠排水	暗渠排水			心土破砕		備考（該当土壌型）
		無材	有材	浅層	無材	有材	
透水不良型	○	○	◎	○	○	◎	グライ台地土、グライ低地土
地表水型	○		◎		○	◎	灰色台地土
容水量過大型	○	○	○	○	○	○	多湿黒ボク土
地下水型	◎	○	○	○	○	○	グライ低地土、泥炭土
浸潤水型	◎	○		◎	○		グライ低地土、泥炭土、多湿黒ボク土

注①　◎：特に必要、○：必要
注②：無材、有材の区別は土壌の粒経組成により異なる。

暗渠など基盤整備工事による抜本的対策を行えば高い効果が見込まれる。一方、施工コストや事業化のまでの時間を考えると、生産者が自ら実施可能な改善対策の導入も考慮すべきである。例えば、古い暗渠が効いていない、もしくは暗渠がない場合は、資材を用いない無材暗渠の一種であるカッティングドレーン工法が挙げられる。カッティングドレーン工法は、民間業者（北海道農業公社）の請負で施工が可能であるが、施工費が６～12千円／10a程度と安価でありながら、一般的な暗渠に匹敵する排水性が期待でき、かつ大面積を短期間に施工できる。

暗渠は機能している、あるいは下層の透排水性が良好なほ場でありながら、作土直下の耕盤層が透排水性不良の要因である場合には、心土破砕などの補助暗渠の施工によって透排水性を改善できる（表21）。補助暗渠は多様であり、生産者が自ら実施可能なものとして、心土破砕、広幅型心土破砕、モミガラ暗渠、弾丸暗渠、穿孔暗渠などがある。また、その効果は、心土破砕に代表される耕盤層対策、排水対策を主目的とした穿孔暗渠など、工法や使用機種によって様々である（表21）。なお、心土破砕などのほ場に亀裂を入れることを目的とする工法は、ほ場が乾いた時に、できるだけ時間をかけて施工することが望ましい。

表21．心土破砕・補助暗渠等の工法と期待される効果の程度（目安）

工　法	耕盤層対策	排水対策	商　品　名　の　例
心土破砕	○～◎	△～○	サブソイラ・パラソイラ
広幅型心土破砕	◎	○	プラソイラ・ソイルリフター・ハーフソイラー
モミガラ暗渠	◎	◎	モミサブロー
弾丸暗渠	○	○	振動サブソイラ
穿孔暗渠	－	◎	ポストホールディガ

注１）効果の程度の大きい順に、◎＞○＞△である。

注２）商品名の例を示したが、心土破砕、広幅型心土破砕、弾丸暗渠は、施工部の形状が多様であり、示した効果の程度は機種により変動がある。

作業機械の大型化に伴い、ほ場が十分に乾いていなくてもプラウ耕などの機械作業が可能となっている。しかし、無理な機械作業は、踏圧や練り返しにより、土壌の透排水性を悪化させる。先にも述べたが、土壌の水分状況に加え、前作残さ、雑草の発生程度などを考慮し、ほ場の状況によってはプラウ耕に代えてチゼル耕やスプリングハローなどの活用を検討するべきである。

排水が十分でないほ場では、多雨時や融雪時に枕地やほ場周囲、ほ場の凹部に表面滞水が発生する（写真２）。この場合、ほ場の周囲や滞水しやすい部分に溝を掘ること（ほ場内作溝明渠）によって、水をほ場外へ排出するのが有効である。

写真２．秋まき小麦は種後の降雨により排水不良ほ場で発生した表面滞水

⑶　転換畑でのほ場内明渠の効果

転換畑でのほ場内明渠の効果とその活用方法については、平成23年普及推進事項「転換畑での小麦に対するほ場内明渠を用いた排水促進・水分供給技術」で詳細に整理されている。ほ場内明渠は、従来から水田等における排水対策として活用されているが、この技術によって排水性の改善に加え、秋まき小麦に対する効率的な水分供給（かんがい）も可能となる。

表22にほ場内明渠の施工方法と水分供給方法を示す。施工時期はは種直後が望ましいが、それが難しい場合は、掘削した土壌が小麦を覆うことによる影響が小さい４葉期以降とする。施工間隔は給水時の水分の浸透程度を考慮して、額縁明渠＋ほ場の長辺と平行に15m以内の間隔が妥当である。給水時期は、小麦の水分要求度が高まる６月とする。表22に示す給水判断は、一見、給水の機会が限定的と思えるが、空知管内のいくつかの地点において過去の気象データを比較すると、給水が必要となる年は10年のうち８～９年程度と多かった。特に、地下水位が１ｍよりも深く、堅密な下層土が出現するような有効水分量の少ない台地土では、水分供給効果が大きくなるものと推察される。なお、入水後にはほ場が膨軟化するので、トラクタ等による機械作業は給水停止後１日（24時間）以上経過してからとする。また、隣接ほ場への漏水にも注意が必要であり、漏水が著しいほ場では適用が難しい。

現地実証試験の結果、ほ場内明渠による余剰水の排水および過干時の水分供給により、収量は無処理区比100～129％を示した。タンパク質含有率は、増収程度の大きい場合に若干低下する事例も見られたが、同程度の収量の際には高まる傾向を示した。排水促進効果のみでも収量は３～６％増加し、ほ場内明渠の施工に伴う損失面積を考慮しても増収効果が認められ、かんがい用水が利用できないほ場でもこの技術の適用は可能である。

表22. ほ場内明渠の施工方法および水分供給方法

施工方法	施工時期	オーガ式，ロータ型掘削機 （土塊を飛散させる掘削機）	小麦播種直後を基本 出芽後では4葉期以降
		プラウ式掘削機（土塊を堆積）	小麦播種前
	施工間隔	施工方向	額縁明渠＋圃場の長辺と平行に施工
		施工間隔	15m以内（圃場の短辺長に合わせ防除畝を考慮して施工）
給水方法	給水時期		6月上旬～下旬
	給水判断		給水予定日の前15日間で20mm以上の連続した降雨がなく， かつ給水予定日後1週間にまとまった降雨が期待できない場合 ※給水予定日前15日間で20mm以上の降雨が生じた場合は，降雨日から15日後に改めて上記の給水判断を行う。 例）5/29に30mmの降雨→6/13が給水予定日
	再給水時期		給水処理後15日後
	給水量		取水強度10L/s程度
	給水時処理		暗渠排水，落水口を閉じる
	給水時間		5～9時間（24～55aでの試験結果より） ※暗渠，落水口を閉め，圃場内全体が湿潤状態になった時点で排水
	排水時処理		落水口，暗渠排水を開く

注）防除作業等機械によるほ場管理作業は、給水停止後１日以上経過した後に行う。

(4) 根の分布と土層改良対策

秋まき小麦で多収を得るためには根を健全に保つ必要がある。農耕期間における水収支から判断すると、網走東南部、石狩、空知、上川南部、後志北部などでは、開花期から成熟期に該当する６～７月の乾燥が顕著で、この時期に水分不足を生じる可能性がある。

この対策としては、先に述べたほ場内明渠を利用した水分供給などが挙げられるが、それ以前に、根が伸張できる土層（有効土層）を拡大し、根張りを良好にすることが第一である。すなわち、６～７月に土壌の乾燥が顕著な地域では、収量安定のために有効土層を確保することが重要である。

土壌硬度と小麦の根長密度の関係を見ると、灰色台地土では、土壌硬度が1.0MPa（山中式硬度計で硬度16㎜に相当）以上が出現する深さから根の分布が減少し始め、耕盤層の指標となる1.8MPa（同じく20㎜に相当）以上で急激に減少する。また、多湿黒ボク土の場合も、1.8MPa前後で根張りが阻害される（図４）。

小麦は根張りが悪いと、生育に必要な水分、養分を吸収できなくなる。根張りが十分に確保できないほ場では、特に干ばつ時に大幅に減収し、タンパク質含有率も上がらない。人為的に硬盤層を造成した条件で秋まき小麦を栽培した結果を表23に示す。硬盤層があると収量も心土破砕区に比べて少なく、その影響は硬盤の深さが浅いほど大きい。

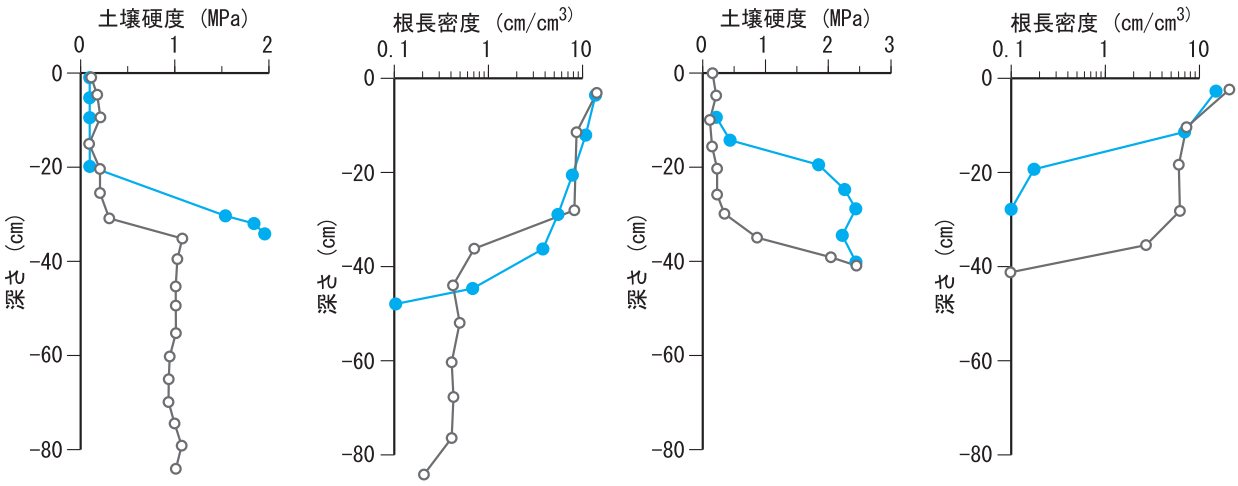

図４　貫入式土壌硬度計による土壌硬度と小麦の根長密度（北見農試、2002）
青塗りシンボルは圃場内で下層が硬い部分，白抜きは柔らかい部分を表す．土壌硬度は2000年５月１日測定，根長密度はプロファイルウォール法による現場測定値（2000年８月１日）

表23.　硬盤層の深さが秋播小麦の収量・品質に与える影響

処　理	穂　数	一穂粒数	稔実粒数	千粒重	成熟期	総　重	粗子実重	収量比	子実蛋白	窒素吸収量
	（本/㎡）		（千粒/㎡）	（g）		（kg／10a）			（%）	（kg/10a）
硬盤20cm	493	33.6	16.6	41.8	7／10	1,140	471	56	8.8	9.3
硬盤40cm	578	36.8	21.3	40.7	7／13	1,343	646	77	8.9	12.4
心土破砕	635	40.8	25.9	40.5	7／15	1,763	834	（100）	11.1	21.0

注）灰色低地土ほ場に人為的に硬盤層を造成した。

３）土壌化学性の改善

（1）　低pH対策

低pH耐性は作物によって異なり、畑輪作を構成する作物のなかでも小麦は酸性に弱い方に区分される。他方、畑作地帯では馬鈴しょのそうか病の発生を恐れて、石灰資材の施用が抑えられる傾向があるため、土壌のpHが低いほ場は比較的多くみられる。また、転作畑でも石灰が十分施用されないためpHが5.0を下回るようなほ場が散見される。そのようなほ場で石灰を施用すると、小麦の収量を改善する効果が得られる場合が多い（図５）。

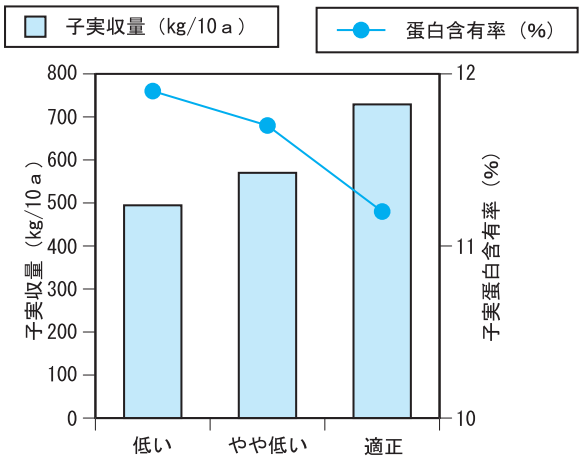

図５　土壌pHが秋まき小麦の収量、子実蛋白含有率に及ぼす影響
土壌診断会報　No. 58、p24（十勝土壌診断協議会）

石灰は作土から年間20～40kg／10a程度流亡する。このことを利用して、小麦などの比較的高いpHを好む作物の作付け時に石灰を施用して、石灰の流亡に伴いpHが低下したときに馬鈴しょを作付けするように輪作体系を組んでいく。理にかなった輪作によってそうか病を封じ込めつつ、土壌のpHを改善する、このような取り組みが各地で実践されている。

⑵ 微量要素欠乏対策

北海道における麦類の銅欠乏症は、当初1960年頃に網走地方の能取湖、網走湖周辺の腐植含量の多い火山性土で発生が認められた。その後、空知地方の褐色森林土や泥炭土および暗色表層褐色低地土、上川地方南部の火砕流堆積物を母材とした褐色森林土、上川盆地の暗色表層褐色低地土の転換畑などでも発生が確認された。十勝地方においても上士幌などの北部地帯の湿性火山性土および切り土や盛り土をしたほ場などで発生している。

表24には北海道施肥ガイド2015に掲載されている土壌診断を前提とした銅・マンガンの施用指針を示した。特に硫酸銅を葉面散布する際は、低濃度であっても酸性を呈し薬害を生じさせやすいので、設定された施用時期と施用濃度・量を厳守する。

表24. 秋まき小麦に対する土壌診断と生育観察に基づく銅・マンガン資材の施用

ａ 銅

土壌診断基準値	欠乏症がみられ分析値が基準値以下の場合の資材施用量	欠 乏 症 状
上限値8.0ppm 下限値（ppm） 腐植５％未満：0.7 〃 ５～10％：0.5 〃 10％以上：0.3 （0.1N塩酸抽出）	硫酸銅（５水和物）２～４kg／10aを土壌に施用する（ただし連用はさける）。応急的な処置として、幼穂形成期～節間伸長初期に２回の葉面散布する（硫酸銅20ｇ／100L／10a／回）。	不稔、登熟不良。葉先が褐変し、螺旋状にまいたり、壊死する。

注１）硫酸銅は劇物なので取扱に注意する。

注２）硫酸銅以外の資材として、銅入り微量要素肥量の土壌施用も効果がある。

注３）葉面散布に用いる硫酸銅は、低濃度であっても酸性を呈し薬害を生じさせやすいので、設定した施用時期と濃度を厳守する。また施用機は使用後の洗浄を十分行う。

ｂ マンガン

土壌診断基準値	欠乏症がみられ分析値が基準値以下の場合の資材施用量	欠 乏 症 状
50～500ppm （易還元性Mn） ４～10ppm （交換性Mn）	高pH土壌は基準値内に矯正。微量要素肥料のは種時土壌施用（硫酸マンガンでMnO・20kg／10a）する。応急的な処置として、幼穂形成期～節間伸長初期に２回の葉面散布する（硫酸マンガンで100ｇ／100L／10a／回）。	生育抑制、葉色が全体に淡い。

4　麦作跡地における土壌管理

秋まき小麦の麦稈は、収量の１～1.5倍、例えば収量が600kg／10aの場合には600～900kg／10a程度得られる貴重な有機物資源である。また、秋まき小麦収穫後は降雪までの期間が長いため、後作緑肥の栽培が十分可能であるとともに、心土破砕などによる土壌物理性の改善にも絶好の時期である。

１）麦稈の利活用

⑴　すき込み

麦稈のほ場への還元方法は、窒素飢餓の回避、土壌病害の拡大防止などの理由で、堆肥化することが優先される。しかし、作業や施設の都合により搬出や堆肥化が困難な場合がある。また、麦稈が搬出されたとしても、刈り高より根元の麦稈はほ場に残され、そのまますき込まれる。

麦稈には炭素が約45％、窒素が約0.4％含まれ、C／N比は100以上と高い。麦稈はそのままますき込まれると、微生物によって分解される際に土壌中の無機態窒素の取り込みが起こり、結果として後作物に窒素飢餓を引き起こす原因となる。従来は窒素飢餓の回避と麦稈の分解促進のために、速効性の窒素肥料の施用が奨励されたが、肥料窒素のうち麦稈の分解に寄与する分は一部に限られ、残りの多くが秋期の降雨や融雪水によって下層に溶脱すると想定される。したがって、麦稈すき込み時の窒素施用は、小麦収穫後に緑肥を栽培する場合を除いて行わず、翌年の作物作付け時に考慮する（表25）。

表25.　秋まき小麦の麦稈すき込みに伴う後作物の施肥対応

（北海道緑肥作物等栽培利用指針、2004）

処理法	子実収量 (kg/10a)	麦稈乾物重 (kg/10a)	すき込み時 C/N比	窒素飢餓	窒素放出時期	後作の減肥可能量(kg/10a)	
						窒　素	カ　リ
全量すき込み	450～600	500～900	80～100	有	すき込み２年後	－３～－５	７～10
搬出残さすき込み	450～600	300～450				－２～－３	４～５

注１）麦稈のすき込み方法は、①全量すき込み、②搬出残さすき込み、に区分した。①は生産されたすべての麦稈量、②はコンバインで刈り取られた部分はすべて搬出されたものとし、刈り残した部分（約40㎝高）を指す。

注２）減肥可能量のマイナス値は、窒素の取り込みが起こるため増肥が必要であることを示す。

注３）カリの減肥は土壌の交換性カリが土壌診断基準値以上の際に実施する。てんさい、ばれいしょを作付けするときは基準値以内でも減肥する。

なお、麦稈は分解を促進させるため、ストローチョッパーなどで細断してから土壌にすき込む。また、土壌病害（条斑病、眼紋病、立枯病など）が多発したほ場では、可能な限り麦稈はほ場から搬出し、完熟堆肥化する。土壌病害発生ほ場における麦稈の焼却は、煙害を招くため行わない。

⑵ 堆肥化

麦稈をそのまますき込んだ場合に懸念される窒素飢餓などの障害は、完熟堆肥になる過程で、C／N比の低下、土壌病害菌の死滅などにより解消される。

堆肥作りのポイントは、養分、水分、空気など、麦稈を分解する微生物が働きやすい環境を作ることである。麦稈は家畜の敷料として利用してから、あるいは家畜ふん尿と混ぜ合わせてから堆肥化することが望ましく、麦稈にふん尿などの窒素源が加わることで分解が早く進む。家畜ふん尿が入手困難な場合には、麦稈100kg当たり窒素成分で１kg程度（石灰窒素や硫安では現物で約５kg、尿素では同じく約２kg）を添加する。また、水分環境を好適に保つために、水分を60～70％程度（ふん尿を添加しない場合は麦稈乾物重の２倍程度の水が必要）に調整する。堆積期間中も約１～２ヶ月毎に切り返し、空気に触れさせるとともに、乾いている場合は水分を補給して分解を促進する。

２）緑肥の栽培

⑴ 緑肥の種類と効果

北海道において小麦収穫後に栽培される代表的な後作緑肥には、えん麦、えん麦野生種（ヘイオーツなど)、ヘアリーベッチ、シロカラシ（キカラシなど)、ひまわりなどがある。緑肥は

表26. 緑肥の効果（北海道緑肥作物等栽培利用指針、2004）

作物名	科　名	効果											
		有機物供給	窒素効果	物理性改善	透水性改善	キタネグサレセンチュウ	キタネコブセンチュウ	菌根菌	病害	雑草抑制	土壌侵食防止	養分流亡防止	農村景観保持
えん麦	イネ科	◎	○	○		×	◎	○	注２	○	○	○	
えん麦野生種	イネ科	◎	○	○		◎	◎	○	注２	○	○	○	
ヘアリーベッチ	マメ科		◎			×	×	◎		◎	○		
シロカラシ	アブラナ科	○	○	○		×	×		注２		○	○	◎
ひまわり	キク科	◎		◎	○	×	×	◎			○	○	◎

注１）◎：非常に効果がある、○：効果がある、×：線虫を増やす。

注２）えん麦はジャガイモそうか病に効果がある。えん麦野生種はジャガイモそうか病、小豆落葉病に効果がある。シロカラシはジャガイモそうか病、根こぶ病を助長する。

注３）雑草抑制効果は十分な生育量が前提となる。

注４）ひまわりは半身萎凋病の抵抗性品種が望ましい。

注５）品種の詳細な特性等は種苗会社のカタログ等を参照する。

種類によって多様な効果を有するが、特定の病害を助長する可能性もある（表26）。後作物としては、えん麦後には豆類（特に大豆）、えん麦野生種後には根菜類、豆類（特に小豆）およびてんさい、ヘアリーベッチ後にはマメ科以外が適するとされる。同じくシロカラシ後にはてんさい、ばれいしょ、小麦および莱豆、ひまわり後にはとうもろこし、小麦およびたまねぎが適するとされる。

(2) 緑肥に対する施肥とは種

緑肥の持つ効果を発揮させるには、適切な施肥とは種によって生育量を確保する必要がある。緑肥作物への養分供給には、できるだけ家畜ふん尿やスラリーなどを活用し、化学肥料は必要最小限に抑えることが望ましい。窒素施肥（家畜ふん尿等による窒素供給を含む）は麦稈すき込みに伴う窒素飢餓を回避するためだけでなく、十分な生育量を確保するために不可欠であり、施肥量は種類にもよるが、10a当たり５kg程度が目安となる。

小麦収穫後のは種はできるだけ速やかに行う。は種の遅れに伴う生育量の減少程度は、ヘアリーベッチが比較的小さく、えん麦、シロカラシ、ひまわりの順に大きい。ひまわりは早生品種を用い早期は種でないと開花に至らないため、は種の遅れにより景観緑肥としての効果のみならず、後作物のリン酸吸収を高める働きを持つ菌根菌を増加させる効果も十分に発揮されない場合がある。

後作緑肥のすき込みの適期は10月中～下旬であるが、土壌が過湿で練り返しを伴う場合などには、翌年春のすき込みも可能である。

表27. 緑肥を小麦跡地に導入した場合の後作物の窒素減肥可能量（単位：kg／10a）
（北海道緑肥作物等栽培利用指針、2004）

麦稈処理（すき込み量）	緑肥のC/N比	緑肥の乾物重（kg／10a）			
		200	400	600	800
搬出（200kg／10a）	10	3.5	8.0	13.0	−
	15	1.5	3.5	6.0	8.5
	20	0.0	1.5	2.5	3.5
全量すき込み（800kg／10a）	10	1.0	5.0	9.0	−
	15	0.0	1.5	3.5	−
	20	0.0	0.0	1.0	−

注１）緑肥のC／N比のおおよその目安は、えん麦15～25、ヘアリーベッチ10～15、シロカラシ12～20、ひまわり15～20である。
注２）初期生育を確保するため、基肥窒素量を秋まき小麦とてんさいでは４kg／10a、ばれいしょでは２～３kg／10a、豆類では２kg／10a程度以下にしない。

⑶ 緑肥作付け後の減肥対応

すき込み後の緑肥から放出される窒素の一部は、麦稈の分解過程で微生物に取り込まれる。そのため、小麦後に緑肥を栽培した場合の後作物に対する窒素減肥可能量は、緑肥から放出される窒素と麦稈すき込み量を考慮して設定する（表27）。また、緑肥に含まれるカリの肥効も高いので、後作物の栽培では減肥を考慮する必要がある。

3）土壌物理性の改善

小麦収穫後から降雪までの期間は３～４ヶ月あるので、心土破砕や暗渠の施工は、この期間の土壌が乾燥した好適な条件において実施するように努める。土壌水分が高い条件で行うと、練り返しによる土壌構造の破壊などによって十分な改善効果が得られないのみならず、逆に透排水性を悪化させる場合がある。

なお、土壌物理性の改善については、前述の「３．安定生産と品質向上のための土壌管理」を参照されたい。