

3 ダイレクト収穫による飼料用麦類の発酵品質を確保するための収穫適期

飼料用イネ専用収穫機は、飼料用オオムギや飼料用コムギのダイレクト収穫が可能であり、その作業能率は飼料用イネと同等以上である。また、適期にダイレクト収穫によって調製した飼料用オオムギや飼料用コムギの発酵品質は良好である。

飼料用オオムギの収穫適期は収量性、栄養価および水分含量と発酵品質の関係から判断すると、水分含量が 70%程度まで低下する糊熟期となる。この時期にコンバイン型収穫機やフレール型収穫機によってダイレクト収穫で調製したロールバールサイレージの発酵品質は良好である。また、飼料用コムギの収穫適期についても、飼料用オオムギと同様に収量性、栄養価および水分と発酵品質の関係から判断すると、水分含量が 70%程度まで低下した時期となる。

飼料用オオムギと飼料用コムギを飼料用としてダイレクト収穫体系でサイレージ調製する場合は、食用麦種や後作との作業競合を回避するためできるだけ早く収穫する必要がある。しかし、年次によって水分の低下に要する期間に変動があるため、穂部と茎葉部を合わせた全体の水分含量が 70%程度まで低下していることを確認して行う。また、収穫適期は気温が上昇して登熟までの期間が早い場合、適期を逃さず短期間で収穫を終えることが、飼料用イネとの作業競合を回避して良質な麦類 WCS 調製のポイントとなる。

(1) 飼料用イネ専用収穫機を利用した飼料用麦類の収穫調製技術

飼料用イネ専用収穫機の年間稼働率を向上させ、水田を有効に活用した飼料増産を図るためには、飼料用イネだけでなく飼料用麦類の収穫調製にも利用することが必要である。ただし、飼料用イネ専用収穫機の基本的な体系はダイレクト収穫であり、収穫時期にサイレージ発酵に適する水分域になっていることが必要である。

①改良されたコンバイン型およびフレール型専用収穫機の特徴

ア コンバイン型飼料用イネ専用収穫機

コンバイン型収穫機は自脱型コンバインの刈取・搬送部をそのまま利用していることから、長稈な飼料用イネや飼料用麦類の収穫作業は困難であったが、2012 年度に新たに改良された長稈対応機種では、最長草丈が 150cm 程度までの飼料用イネや飼料用麦類でも容易に収穫することができる。また、長稈対応型では、キャビン仕様も販売されている(図 3-1 左)。

イ フレール型飼料用イネ専用収穫機

フレール型収穫機は刈取部にフレール式刈取部が装着されており、収穫作物の草丈に制約要因はない。また、ダイレクト収穫体系が中心ではあるものの、刈り落した飼料用イネや飼料用麦類の拾い上げ収穫もできる。なお、フレール型収穫機は 2010 年に改良され、刈幅やロールバール寸法を大きくし、結束方式をネットとすることで収穫作業能率は向上し、初期型で指摘されていた損失率も少なくなっている(図 3-1 右)。



図 3-1 改良された飼料用イネ専用収穫機

左:コンバイン型収穫機(長稈対応型)、右:フレール型収穫機(改良型)

②飼料用イネ専用収穫機を活用した飼料用麦類の収穫調製技術

飼料用イネ専用収穫機はコンバイン型およびフレール型とも、飼料用イネと同様に飼料用オオムギと飼料用コムギについてはダイレクト収穫ができる(図 3-2)。飼料用イネ専用収穫機のオオムギおよびコムギの収穫における作業能率は、飼料用イネと同等以上で約 20 分/10aである(表 3-1)。しかし、ライムギについては、収穫適期には草丈が 150cm 以上になることから、コンバイン型専用収穫機(長稈対応型)での作業は困難である。一方、草丈に制約要因のないフレール型専用収穫機を用いる場合には、収穫適期の水分含量が高いため、発酵品質の面からダイレクト収穫は避け、牧草用収穫体系で行うか、刈落し予乾後にフレール型収穫機で拾上げ収穫を行うことが必要である。

表 3-1 飼料用イネ専用収穫機による飼料用麦類の収穫作業能率

項目	作業工程(分/10a)					合計 (分/10a)	作業速度 (m/s)
	実作業	旋回・移動	結束・放出	調整	進入・脱出		
フレール型(改良型)	9.7	3.4	4.3	0.7	0.2	18.3	1.65
コンバイン型(細断型)	12.2	3.3	3.4	0.5	0.2	19.6	1.55

注) 調査圃場は30a区画圃場、フレール型:大麦の草丈120cm、水分66.1%、コンバイン型:小麦の草丈111.1cm、水分は65.6%である。
両機のロールパールの平均質量は、フレール型:366kg/個、コンバイン型:371kg/個である(梱包個数は8個/10aに補正した値)。



図 3-2 飼料用イネ専用収穫機による飼料用麦類のダイレクト収穫作業

注) 左:コンバイン型収穫機(細断型)によるコムギの収穫、

右:フレール型収穫機(初期型)によるオオムギの収穫

(2)オオムギの収穫適期

① 生育と水分含量および収量性

飼料用オオムギの場合、出穂期の穂部と茎葉部を合わせた全体の水分含量は 80%以上であるが、出穂期以降は地上部全体の水分含量は減少し、北関東(群馬県内の二毛作水田(標高約 250m))では、出穂期から約 20 日で乳熟期となり、約 30 日後には糊熟期となって水分含量も 70%以下まで低下する(図 3-3)。また、東海地域でも同様に、出穂後、約 30 日程度経過すると、全体の水分含量は 70%程度になる。さらに、出穂後 40 日目には水分含量は 60%未満まで低下する(図 3-5)。

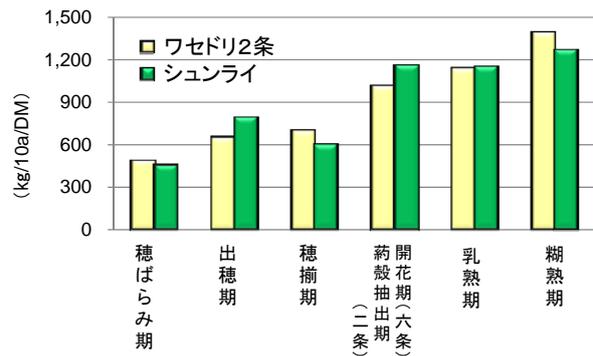
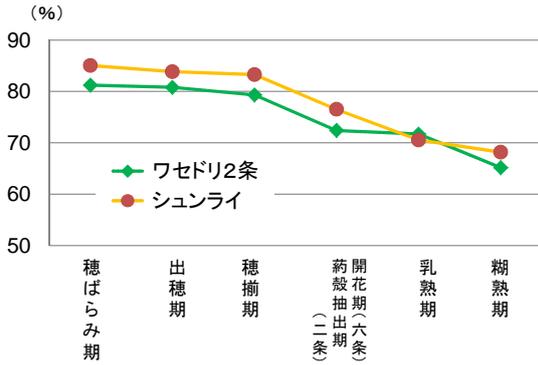


図 3-3 飼料用オオムギの水分含量推移(北関東)

図 3-4 飼料用オオムギの乾物収量(北関東)

注1)栽培概要: 播種 2010 年 11 月 9 日、基肥: 堆肥 2,000 kg/10a、化成 N-P-K 各 2.8 kg/10a
追肥: 堆肥 1000kg/10a

注2)出穂期:「ワセドリ2条」4/18、「シュンライ」4/25、乳熟期:「ワセドリ2条」5/12、「シュンライ」5/19、
糊熟期:「ワセドリ2条」5/16、「シュンライ」5/25

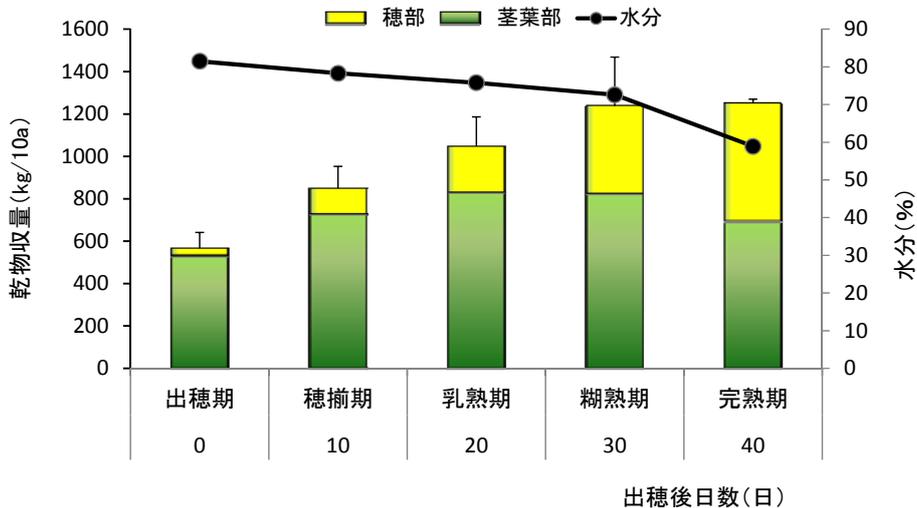


図 3-5 飼料用オオムギの出穂期以降の経時的な水分含量と乾物収量の変化(東海地域)

注)立毛生草調査値、出穂後日数の 0 日は出穂期、40 日は完熟期

一方、出穂直後の乾物収量は約 600kg/10a であるが、登熟が進むにつれて増加し、糊熟期には約 1,200~1,400 kg/10a となる(図 3-4、図 3-5、図 3-6)。しかし、完熟期になると子実収量(坪刈り値)は

増加するものの(図 3-5)、茎葉部では枯凋が進み、子実は堅く脱粒しやすいために実収量は減少する(図 3-7)。



図 3-6 糊熟期の飼料用オオムギの穂部の様子
左:「シュンライ」、右:「ワセドリ 2 条」

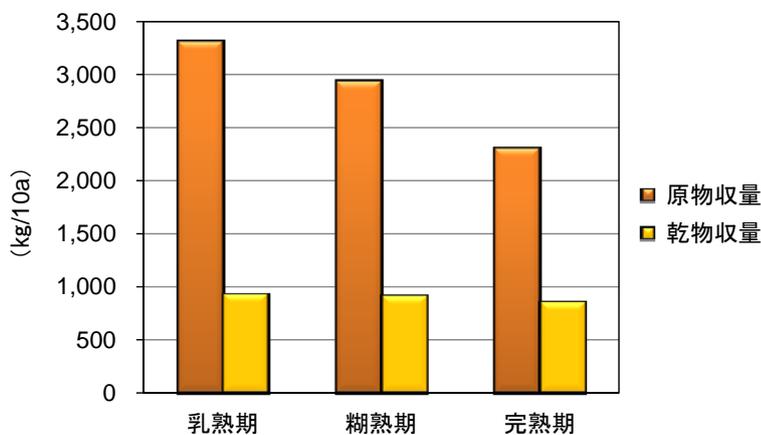


図 3-7 飼料用オオムギの熟期別のダイレクト収穫による原物および乾物の実収量

注) 品種「野毛なし大麦」(2009 群馬畜試)

② 栄養価

「シュンライ」の立毛生草における飼料成分の変化を表 3-2 に示した。開花期以降、子実の充実に伴いデンプンが蓄積されてくるため、細胞内容物(OCC)は増加するが、粗タンパク質(CP)、細胞壁物質(総繊維、OCW)や高消化性繊維(Oa)などは減少する。その結果、推定可消化養分総量(TDN)は、乳熟期まで徐々に低下する傾向を示すが糊熟期には微増する。「ファイバースノウ」の立毛生草における飼料成分値を表 3-3 に示した。立毛生草の CP や Oa、推定 TDN 含量は出穂直後が最も高く、その後は僅かずつであるが低下する。

しかし、良好な発酵品質の条件と考えられる水分域(約 70%、糊熟期)における各成分値は、飼料用イネ(生草)の黄熟期と比較しても、CP や繊維、推定 TDN 含量に差はなく、オオムギは飼料用イネと同等以上の栄養価を持つ飼料といえる。

表 3-2 立毛生草「シュンライ」の飼料成分値の変化(北関東:群馬畜試)

熟期	月日	出穂後 日数	水分含量 (%)	DM(%)							TDN
				OM	CP	EE	OCC	OCW	Oa	Ob	
出穂期	4月23日	0	82.3	92.3	11.4	2.4	37.9	54.4	17.3	37.0	68.2
穂揃期	4月26日	3	82.3	93.0	10.8	2.4	44.3	48.7	13.2	35.5	67.7
開花期	4月30日	7	82.9	92.1	12.0	2.7	36.4	55.7	13.3	42.4	63.8
乳熟期	5月14日	21	74.5	92.7	8.6	1.4	40.1	52.5	7.8	44.7	60.8
糊熟期	5月21日	28	66.1	94.0	6.6	1.5	43.8	50.2	5.8	44.4	61.3

栽培概要) 播種: 2009年11月5日. 基肥(10a): 堆肥2,000kg、化成N2.4-P2.8-K2.8kg、追肥: 化成N2.1kg(4月9日)

項目) OM: 有機物、CP: 粗タンパク質、EE: 粗脂肪、OCC: 細胞内容物、OCW: 細胞壁物質(総繊維)、Oa: 高消化性繊維、Ob: 低消化性繊維

TDN: 可消化養分総量 = $-5.45 + 0.89 \times (OCC + Oa) + 0.45 \times OCW$ (出口1997) により算出。

表 3-3 立毛生草「ファイバースノウ」の飼料成分値の変化(東海地域:三重畜研)

供試品種	出穂後 日数	熟期	水分含量 (%)	DM(%)							TDN
				OM	CP	EE	OCC	OCW	Oa	Ob	
ファイバースノウ	0	出穂期	81.5	93.6	16.0	1.9	39.9	53.7	17.6	36.0	64.1
	10	穂揃期	78.3	94.6	10.9	1.5	35.4	59.2	12.4	46.7	59.4
	20	乳熟期	75.8	94.9	9.6	1.7	37.4	57.5	10.3	46.7	59.3
	30	糊熟期	72.6	95.2	9.3	1.6	32.9	62.2	11.0	51.9	57.3
	40	完熟期	58.9	94.7	9.3	1.5	37.5	57.2	8.5	48.6	58.5
飼料用イネ		黄熟期	62.4	86.4	6.5	2.0	30.1	56.3	6.6	49.7	54.0

注) オオムギの概要は播種: 2009年11月中旬、基肥: (N-P-K: 10-10-10kg/10a)、出穂日: 2010年4月23日

OM: 有機物、CP: 粗タンパク質、EE: 粗脂肪、OCC: 細胞内容物、OCW: 細胞壁物質、Oa: 易分解性繊維、

Ob: 難分解性繊維、TDN: 可消化養分総量、

TDNは推定式 $TDN = 54.2 + 0.287 \times (OCC + Oa) - 0.183 \times Ob$ (津留崎 1990) により算出した。

飼料用イネは日本標準飼料成分表(2009年版)の生草イネの値を引用(TDNはサイレージの値)。

ダイレクト収穫により調製したオオムギホールクロップサイレージ(WCS)のβ-カロテンおよびα-トコフェノール含量は、収穫条件等により含量は変動することが知られているが、飼料用イネ WCS と比較するとオオムギ WCS はα-トコフェノール含量が低い傾向にある(表 3-4)。

表 3-4 オオムギ WCS のβ-カロテンおよびα-トコフェノール含量

収穫熟期	(乾物中mg/kg)	
	β-カロテン	α-トコフェノール
乳熟期	106.1 ± 30.4	70.8 ± 22.4
糊熟期	25.4 ± 4.3	31.4 ± 2.7

(参考) 日本標準飼料成分表 2009年版

イネ乳熟期 36 (7.3-92) 145 (20-385)

イネ黄熟期 32 (9.6-144) 154 (17-618)

注1) オオムギは「シュンライ」、「セツゲンモチ」(共に六条)を供試

注2) イネは予乾なしのサイレージの値

③ オオムギ WCS のロールベール概要

フレール型収穫機(初期型)で収穫調製したオオムギ WCS のロールベール質量と形状を表 3-5 に示した。ロールベール質量は、収穫時の水分含量の違いによって変動するため、糊熟期収穫では約 215

kg/個となり、乳熟期収穫の約 245 kg/個に対しておよそ1割軽くなる。一方、糊熟期に収穫したロールベールの見掛けの乾物梱包密度は、良質サイレーズ調製の目安とされる 150 kg/m³ 程度にまで高まる。さらに、フレール型収穫機(初期型)の切断長を最も短く設定することで、糊熟期収穫でも 1 ロールベール当たりの質量は約 250 kg/個、見掛けの乾物梱包密度も約 180 kg/m³/個と非常に高くできる。

表 3-5 オオムギ WCS のロールベール重量と形状

調製年次	調製時期	ロール水分含量 (%)	高さ(cm)	直径(cm)	重量(kgFM)	乾物密度 (kg/m ³ /個)
2010	乳熟期	73.2	87.4±1.6	86.7±1.5	244.9A±20.4	127.1A±11.2
	糊熟期	64.4	87.0±1.0	86.5±2.3	214.8B±11.9	147.2B±7.5
2011	糊熟期 (切断長最短設定)	64.9	85.6±1.3	85.4±2.1	252.3±23.3	180.7±14.2

注1) 供試品種: 2010年は「シュンライ」と「セツゲンモチ」、2011年は「シュンライ」。

注2) 供試ロール数: 2010年は乳熟調製18個、糊熟調製16個、2011年は41個。

注3) 2010年調製において異符号間に有意差あり(P<0.01)

④ 発酵品質

乳熟期および糊熟期にフレール型収穫機(初期型)で収穫調製したオオムギ WCS の発酵品質を表 3-6 に示した。糊熟期収穫ではダイレクト収穫に適した水分域(水分 70%程度)となり、さらに梱包圧が高く良質発酵の条件が整うため、乳酸発酵によりV-scoreは3カ月間を通して良好な状態を維持することができる。ただし、子実と茎葉部を合わせた全体の水分含量が75%以上の乳熟期では、ロールベールの乾物梱包密度も低く、調製後1カ月以降は酪酸やプロピオン酸含量は高いまま推移し、V-scoreでの評価は60点以下の「不良」となる。

オオムギ等の飼料用麦類は収穫後に越夏する保管となる。表 3-7 に示したように6カ月間保管した場合には、2カ月間の保管よりも酪酸含量が増え、V2-scoreは低下するものの、発酵品質は良質の範囲内にある。このことから、オオムギを糊熟期に収穫すれば超夏した6カ月間の保管でも良好な発酵品質を保つことができる。しかし、長期保存にはラップフィルムの巻き数を8層以上にし、ロールベールグラフでの移動を最小限に留めることにも留意する。

表 3-6 オオムギ WCS 収穫時期別における発酵品質の推移

調製時期	貯蔵期間 (平均気温)	品種	水分含量 (%)	pH	有機酸(原物中%)				VBN/TN (%)	V-score
					乳酸	酢酸	酪酸	プロピオン酸		
乳熟期 (5/14)	1カ月 (17.6℃)	シュンライ	78.1	4.56	0.68	0.27	1.82	0.04	3.3	59
		セツゲンモチ	76.4	4.20	1.73	0.31	0.97	0.03	3.4	59
	2カ月 (23.6℃)	シュンライ	76.4	4.26	1.31	0.60	1.16	0.09	3.7	60
		セツゲンモチ	78.0	4.26	1.28	0.19	1.82	0.04	3.5	60
	3カ月 (26.9℃)	シュンライ	78.7	4.69	0.46	0.43	2.40	0.19	6.5	53
		セツゲンモチ	78.0	4.35	1.03	0.27	1.91	0.08	3.8	59
糊熟期 (5/25)	1カ月 (19.4℃)	シュンライ	69.1	3.85	1.67	0.53	0.06	0.01	2.7	92
		セツゲンモチ	67.0	3.76	1.57	0.48	0.03	0.01	2.1	96
	2カ月 (25.1℃)	シュンライ	70.0	3.82	1.64	0.55	0.18	0.01	3.0	83
		セツゲンモチ	68.9	3.84	1.65	0.64	0.10	0.01	3.4	89
	3カ月 (26.7℃)	シュンライ	70.7	3.87	1.54	0.53	0.18	0.01	3.3	84
		セツゲンモチ	69.1	3.83	1.82	0.58	0.16	0.01	3.4	85

注1) 収穫調製は2010年にYWH1400を用いて乳熟期および糊熟期に実施。添加剤なし、梱包は8層巻き。

注2) 収穫調製から1カ月時(6月)、2カ月時(7月)、3カ月(8月)にサンプル採取。各時期2ロールを採取。

注3) VBN/T-Nは全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合。

表 3-7 2ヶ月および6ヶ月間した保管したオオムギ WCS の保存性

項目	水分含量 (%)	pH	有機酸(原物中%)			VBN (mg/100g)	V2-score (点)
			乳酸	酢酸	酪酸		
2カ月保管	66.6±4.9	3.72±0.05	1.92±0.75	0.50±0.06	0.02±0.02	24.4±4.5	94.2±1.8
6カ月保管	65.7±4.2	3.73±0.04	1.84±0.42	0.53±0.10	0.16±0.24	25.1±4.2	80.5±16.8

注1) 収穫調製は2011年5月26日にYWH1400で糊熟期に実施。添加剤なし、梱包は8層巻き。

注2) 保管日数は2カ月が61日間(7月採取)、6カ月が179日間(11月採取)。

注3) 各項目7セット2条WCSおよびシュライWCS各6個、合計12個の平均値。

⑤ ダイレクト収穫体系における飼料用オオムギ収穫適期

飼料用オオムギのダイレクト収穫の適期は、収量性や栄養価、水分含量と発酵品質の関係から判断すると、穂部と茎葉部を合わせた全体の水分含量が70%程度になる時期である(糊熟期)。表3-8と図3-8には北関東から東海地域における各熟期の判断目安を示したが、子実部と茎部を合わせた全体の水分含量によって収穫時期を決定する。なお、糊熟期以降は気温が高くなり、登熟までに達する期間が早くなるため、収穫適期を確認してから1週間程度で収穫を終えることが望ましい。

表 3-8 オオムギにおける各熟期の判断基準(群馬畜試)

熟期	出穂後の目安	穀粒の状態	茎葉の状態
乳熟期	20日前後	穀粒に葉緑素が存在し、指先で簡単に潰せる。胚乳は乳状。	濃緑色を呈する。
糊熟前期	25日前後	胚乳が充実してくる。内・外穎とも穀実と密着は弱く、指先で潰せる。芒の先端は黄化。	下位の葉が黄化する。
糊熟後期	30日前後	胚乳が充実し弾力を持つ。内・外穎とも穀実と密着、指先で潰しにくい。芒は折れやすくなる。	茎葉の下半分が黄化する。
黄熟期	35日前後	穀粒から葉緑素が消失し、硬度を増す。	全体が黄化し始める。
完熟期	40日前後	穀粒は乾燥し硬化するため、容易に潰せない。	全体が黄化する。

注) 群馬県前橋市内で「シュライ」を栽培した時の指標である。気候条件等で変動する場合がある。



図 3-8 飼料用オオムギの出穂後の経時的な草姿と穂部の様子(「ファイバースノウ」、三重畜研)

(3) 飼料用コムギの収穫適期

① 生育と水分含量および収量性

飼料用コムギ(「ニシノカオリ」)も飼料用オオムギと同様に登熟が進むにつれて水分含量は低下し、乾物収量に占める穂部割合が増加する。乾物収量は出穂期に比べて糊熟期(東海地域では出穂後30日目)では4割以上増加する。さらに、黄熟期には子実が充実して、穂部割合も45%程度まで高まるが、穂部と茎部を合わせた全体の乾物収量は糊熟期とほぼ同等となる(図3-9)。

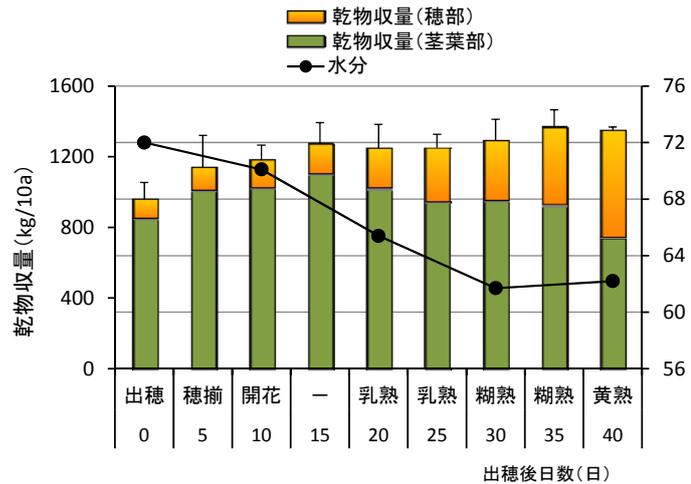


図 3-9 コムギ「ニシノカオリ」の出穂期以降の水分と乾物収量の推移(三重畜研:2009年)

② 栄養価

コムギの飼料成分値(表3-9)は、出穂直後から黄熟期(出穂後40日)にかけて、推定TDN含量は60%以上であり、飼料用イネの収穫適期である黄熟期(約55%)よりも高い。しかし、黄熟期(東海地域では出穂後40日)になると細胞壁物質(OCW)が増え、低消化性繊維(Ob)含量が大きく増加するため推定TDN含量は糊熟期(出穂後30日)以前よりも低下する。

表 3-9 収穫時期の異なるコムギの飼料成分値(三重畜研:2009年)

品種	出穂後日数	熟期	水分 (%)	DM (%)							TDN
				OM	CP	EE	OCC	OCW	Oa	Ob	
ニシノカオリ	0	出穂期	72.0	95.8	7.0	1.3	40.9	54.9	13.4	41.2	67.5
	10	開花期	70.1	96.3	5.2	1.1	44.4	51.9	8.6	43.2	65.0
	20	乳熟期	65.4	96.4	5.0	0.8	48.7	47.6	7.2	40.4	65.7
	30	糊熟期	61.7	96.8	4.2	1.0	50.4	46.4	6.3	40.5	65.9
	40	黄熟期	62.2	97.2	4.3	1.3	43.0	54.2	7.1	47.1	63.5
飼料用イネ		黄熟期	62.4	86.4	6.5	2.0	30.1	56.3	6.6	49.7	54.0

栽培概要) 播種日:2009年11月12日、基肥(N-P-K:各10kg/10a) 出穂期:2010年4月9日

項目)OM:有機物、CP:粗タンパク質、EE:粗脂肪、OCC:細胞内容物、OCW:細胞壁物質、Oa:高消化性繊維、Ob:低消化性繊維

TDN:可消化養分総量=-5.45+0.89×(OCC+Oa)+0.45×OCW(出口1997)により算出。

飼料用イネは日本標準飼料成分表(2009年版)の生草イネの値を引用(TDNはサイレージの値)。

表 3-10 収穫時期別コムギのロールベール概要

出穂後日数	収穫時熟期	ロール質量 (kgFM)	梱包密度 (DM・kg/m ³)	貯蔵期間中損失重量 (kgFM)
20日	乳熟期	374.2	137.2	8.5
30日	糊熟期	363.5	150.8	7.0
40日	黄熟期	369.7	167.2	6.0

注) 品種は「ニシノカオリ」、収穫機はコンバイン型(細断型)

出穂期は2011年4月15日

③ コムギ WCS のロールベール概要

コンバイン型収穫機(細断型)を利用して、出穂から20日、30日、40日にダイレクト収穫によりWCS調製した結果、収穫時期が遅いほど水分含量が低下して、乾物梱包密度

は上昇する。出穂 30 日(糊熟期)以降では、見掛けの乾物梱包密度が 150 kg/m³/個以上と良質発酵を確保するための高密度梱包が可能となる。また、収穫時期が早いほど水分含量が高く排汁も多いことから、貯蔵期間中の損失重量も大きくなる傾向がある(表 3-10)。

④ 発酵品質

東海地域のコムギは、出穂後 20 日目には穂部と茎葉部を合わせた全体の水分含量が 70%程度まで低下する。その後も登熟につれて水分含量は低下し、コンバイン型収穫機(細断型)で収穫調製したコムギ WCS の発酵品質(2 カ月保管)は、出穂後の経過日数とともに良質となる(表 3-11)。

表 3-11 コムギ WCS 収穫時期の発酵品質(三重畜研)

出穂後日数(熟期)	pH	水分 (%)	乳酸	酢酸	プロピオン酸 FM(%)	酪酸	VCN/TN (%)	V-score
20日(乳熟期)	4.7a	69.6	0.45	0.09	0.01	0.21	7.4	78a
30日(糊熟期)	4.8a	64.1	0.44	0.10	0.01	0.12	7.6	85b
40日(黄熟期)	4.3b	61.7	0.59	0.38	0.02	0.04	4.8	95c

注)異符号間に有意差あり(P<0.05)

⑤ 飼料用のためのダイレクト収穫体系におけるコムギ収穫適期

コムギを飼料用として利用する場合、出穂後の経過日数とともに収量は増加するが、東海地域では出穂後 40 日以降(黄熟期)になると推定 TDN 含量は低下する。また、発酵品質では茎葉部を合わせた全体の水分含量が 70%程度まで下がると良好な発酵となる。これらのことから、コムギを飼料用としてダイレクト収穫体系によってサイレージ調製する場合、気象要因によって多少の変動は生じるものの、出穂期から 30 日目前後(図 3-10)の水分含量が 70%程度を目標に収穫調製する。これにより、乾物収量が確保でき、良好な発酵品質のサイレージが調製できる。



図 3-10 コムギの出穂後日数と穂部の変化の様子
(「ニシノカオリ」、三重畜研 2010 年)