

春コムギ初冬播き栽培の問題点と不耕起・カバークロープ栽培による改善

春コムギ初冬播き栽培は、生育期間を延長し、増収効果が認められる栽培技術であるが、未だ普及が進んでいない。北海道の初冬播き栽培における大きな問題点は、播種時期(11月上旬から中旬)の天候および土壌条件に強く依存することにある(図1:2011年と2012年の気象条件)。コムギの播種が適期よりも早いと、当年の実生生育が進み、翌春の生存率が低下する。反対に、播種が遅れると土壌状態の悪化により発芽率が低下することが指摘されている。私たちは、春コムギ初冬播き栽培に不耕起・ヘアリーベッチ栽培を導入することにより、省力・安定化した初冬播き技術の検討を行っている。

「**試験区および調査**」試験区は、2011年8月に北海道大学生物生産研究農場の隣接した耕起・不耕起圃場に設置した。耕起区ではヘアリーベッチ栽培(HV:播種量 5kg/10a)を、不耕起区では早春追肥(N:9kg/10a)および播種法(条播:20kg/10条間 12.5cm、地表散播:25kg/10a)を試験処理とし、4反復の乱塊法で配置した(各区:4X4m)。コムギとHVの生育調査は、50cm×50cmの調査枠を用いて、各処理区あたり3箇所で行った。各処理区の土壌は、コアサンプラー(サンプル管:直径5cm・長さ25cm)により深さ1mまで採取し、無機態窒素量を調査した(試験区あたり1箇所、12-16試験区)。コムギ播種時における作業効率の指標として、栽培試験区とは別に走行試験区(処理:HV栽培・耕起状態 各8x50m)を設け、トラクターの走行性能試験を行った。トラクターの走行性能は、播種機の上げ下ろしを播種条件の処理とし、スリップ率、沈下量(左右各4箇所)および調査用トラクターによる作業トラクターの牽引力(各10m×2回、サンプリング周期:10ms)により調査した。また、走行前に、土壌サンプルコアおよび貫入式抵抗計を用いて、土壌三相の体積比、密度および貫入抵抗(各試験区あたり8-12地点、地点あたり1-3反復)を調査した。

「**結果および考察**」2012年における越冬後の起生本数は、適正值(150-300本/m²)を下回った(表1)。しかしながら、起生不良の試験区を除いた収量は、不耕起区と耕起区ともに通常栽培に比べて高かった(表2)。不耕起区では、散播区で起生本数が多く、HV残渣による被覆効果が示唆された。耕起区では、HV栽培区で収量が高く、HV残渣の緑肥の効果が示唆された。コムギ播種時の土壌の状態は、耕起区で水分過多にあったのにたいし、不耕起区では夏よりも軟化し、比較的良好であった(表3)。調査用トラクターの平均牽引力は、HV栽培下において通常播種(耕起・条播)に比べて、不耕起状態で404.7kg、不耕起・散播併用で697.9kg減少し、不耕起または散播による播種作業の省力化が示唆された(表4)。土壌内無機態窒素量の解析では、HV栽培による早春の肥料効果、コムギ栽培終了時における耕起HV区の窒素養分過多が示された(表5)。これらのことから、HVを導入した不耕起栽培と通常栽培の間で異なる施肥体系を検討する必要性が示唆される。

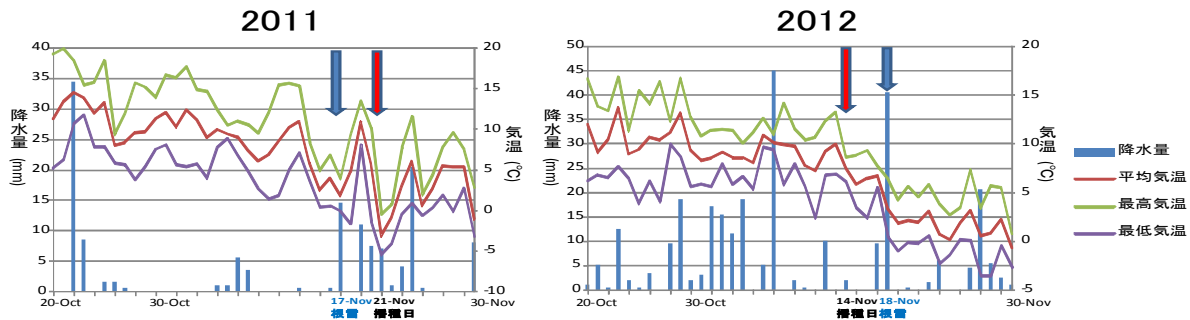


図1 コムギ初冬播き前後における降水量と気温

表1 2012年における初冬播きコムギの出芽と初期生育

耕起	播種	早春		n	HV乾物重		個体数(m ²)		5/29乾物重(g/m ²)		5/29草丈(cm)
		HV	N施肥		越冬前	越冬後	5/1	5/29	コムギ	雑草	
-	散播	+	+	4	329.8	135.2	81.7	127.1	35.4	11.4	46.2
-	散播	+	-	4	300.9	133.2	76.7	115.5	37.5	13.6	44.5
-	条播	+	+	4	311.8	133.7	41.3	61.1	36.5	14.7	44.4
-	条播	+	-	4	359.0	131.6	49.3	57.4	36.7	10.0	40.8
+	条播	-	+	4			89.7	114.0	36.3	8.2	45.7
+	条播	+	+	4	238.0	101.3	37.3	48.8	38.3	1.9	44.5

表2 2012年における初冬播きコムギの収量構成要素

耕起	播種	早春		n	穂数 m ²	乾物重(g/m ²)		個体あたり				
		HV	N施肥			地上部	子実	茎葉重(g)	穂重(g)	稈長(cm)	穂長(cm)	
-	散播	+	+	4	489.8	984.3	430.5	1.42	2.97	61.33	7.48	
-	散播	+	-	4	464.3	1019.6	416.4	1.26	2.70	58.13	7.08	
-	条播	+	+	1	339.0	871.4	375.1	1.41	3.18	58.80	7.60	
-	条播	+	-	3	398.5	803.7	355.4	1.30	3.08	55.53	7.53	
+	条播	-	+	3	449.0	808.1	347.6	1.41	2.66	58.87	6.87	
+	条播	+	+	3	381.0	754.7	306.6	1.35	2.54	52.23	7.63	
コントロール(春播通常栽培)					3	403.5	661.4	271.9	1.09	2.41	56.00	7.30

表3 2012年における土壌の物理性

測定日	耕起	HV	土壌三相(体積比%)			土壌密度 貫入硬度(MPa)						
			固相	水相	気相	(g/cm ³)	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
7/23	-	-	51.6	42.6	5.5	1.34	2.30	2.18	1.40	1.95	2.10	2.20
	-	RC*	50.4	43.8	5.8	1.31	1.30	0.90	0.60	0.30	0.49	0.52
	+	-	38.4	34.8	26.8	1.02	0.20	0.20	0.20	0.60	1.07	1.40
	+	+	43.9	41.1	15.0	1.15	0.40	0.40	0.40	0.70	0.55	0.60
11/13	-	-	42.2	45.5	12.3	1.21	0.65	0.73	0.81	0.83	0.92	
	-	+	40.7	48.0	11.3	1.15	0.54	0.65	0.81	0.73	0.74	0.93
	+	-	42.6	54.3	4.7	1.13	0.03	0.05	0.25	0.47	0.77	1.03
	+	+	40.3	47.0	12.8	1.06	0.08	0.10	0.37	0.57	0.88	1.31

*RC:カバークロップにアカクローバを用いた。

表4 2012年の初冬播き時(11/16)におけるトラクターの走行性能

耕起	播種	HV	走行速度 (m/s)	平均牽引力* (kg)	SD	スリップ率 (%)	沈下量 (cm)
-	散播	-	0.546	*	102.7	13.0	3.1
-	散播	+	0.522	11.2	92.0	13.1	3.6
+	散播	-	播種作業不可				9.6
+	散播	+	0.485	227.5	58.5	17.8	6.4
-	条播	-	0.510	240.2	100.3	12.0	
-	条播	+	0.505	304.4	107.6	12.8	
+	条播	-	播種作業不可				
+	条播	+	0.520	709.1	64.2	17.3	

*調査用トラクターの平均牽引力は不耕起・散播の値(514.7kg)の差を示す
空白は、未測定を示す。ラグ高 4cm

表5 コムギ初冬播き圃場における土壌内無機態窒素量(g/m²)

調査日	耕起	早春			n	土壌深度				Total
		HV	N施肥	n		0-25cm	25-50cm	50-75cm	75-100cm	
12/1/11	-	+	Na	4	1.29	1.49	1.07	0.92	4.76	
	+	-	+	4	0.86	1.54	1.24	1.32	4.96	
	+	+	+	4	1.15	2.45	1.83	1.68	7.12	
4/12/12	-	+	Na	5	5.07	3.62	3.13	2.94	14.75	
	+	-	+	1	1.31	1.80	2.41	2.00	7.52	
5/29/12	+	+	+	2	10.11	4.79	4.00	3.52	22.43	
	-	+	+	3	11.10	11.38	8.37	8.01	38.87	
	-	+	-	2	4.93	10.60	11.45	7.04	34.02	
	+	-	+	1	14.72	11.07	11.41	7.40	44.60	
	+	+	+	2	15.84	8.11	5.72	6.90	36.57	
8/20/12	-	+	+	3	5.25	5.44	4.92	4.31	19.91	
	-	+	-	2	4.12	4.99	4.46	3.42	16.99	
	+	-	+	1	4.94	6.27	4.63	3.76	19.59	
	+	+	+	2	7.87	10.02	6.95	4.41	29.25	
11/26/12	-	+	+	4	3.69	2.39	2.12	1.15	9.36	
	-	+	-	4	2.33	1.71	1.60	1.03	6.68	
	+	-	+	4	2.40	1.45	1.70	1.30	6.85	
	+	+	+	4	1.71	1.44	1.76	1.69	6.60	

早春窒素追肥 4/16 9g/m³ 出穂始窒素追肥 5/31 6g/m³

HV播種時窒素施肥 8/22 2g/m³ (2011・2012年)

Na: 早春窒素追肥前

ヘアリーベッチ栽培後の初冬播き春コムギの越冬能力の評価

春コムギを11月中旬に播種する初冬播き栽培は、増収効果を見込める栽培技術であるが、その成否には積雪下における生存率が深く関与しており、積雪前のコムギ実生の生育が進むにつれ生存率が低下することが知られている。昨年度の談話会では、HVのアレロケミカルが春コムギの初期生育にたいする抑制効果があることを報告した。本報告では、HV導入によるコムギ実生の越冬能力への影響と積雪下におけるHVの分解過程を評価し、初冬播き春コムギ栽培におけるHVの導入効果について検証した。

【材料および方法】

1) 越冬試験 積雪前に野外にポット(300ml ボトル)を設置し、初冬播きコムギ実生の生育量を調査した。供した品種は、前試験でHVに対する感受性が高く、越冬能力がやや劣る「ハルキラリ」、感受性が低い「ハルユタカ」および越冬能力に優れた秋播きコムギ「キタホナミ」である。床土に乾燥したHV植物体を添加した処理区(25mg/cm², 50mg/cm², それぞれHV25, HV50とする)、シアナミド添加区(0.09mg/cm², シ0.09)および無処理区(control)を設け、2013年11月20日に各ポットあたり4粒播種した後、12月12日に埋雪し、発芽率、シュート長、最大根長および生体重の推移を調査した。調査は、埋雪直前、埋雪後1,2,3ヶ月目および融雪後2週間目に行い、各調査5反復で測定した。

2) HV無機化試験 雪中におけるHVの分解過程を評価する目的で、土壌培養試験による無機態窒素の動態を調査した。処理区は、HV添加区(50mg/cm²)、シアナミド添加区(0.09mg/cm²)および無処理区である。乾燥土壌200g相当を300mlのボトルに詰め、各処理を施した後に15°Cで1週間培養した。その後、温度条件を0°C(氷中)、5°Cおよび15°Cに分け、2ヶ月間培養した。培養期間内は容器を密閉せず、土壌水分量を含水比50-55%になるように維持した。処理直後、培養後1,2,4および8週間目に土壌を回収し、土壌内の硝酸態窒素量とアンモニア態窒素量を測定した(各処理5反復)。また、培養後4週間目の調査では、ボトルの上部と下部より土壌を採取し、無機態窒素の鉛直分布を調査した。

【結果および考察】

積雪下においてもコムギ実生のshootとrootの伸張は進行したが、HV添加区では抑制された(図1)。特に、融雪後2週目のハルユタカとキタホナミではHV添加により根の伸張が著しく抑制された。これはHV添加により雪中で生育異常(褐変)が生じたことが原因と考えられる(図2)。このような生育異常はシアナミド添加区では生じていないことから、その原因についてはより詳細な解析が必要と思われる。無機態窒素量をHVの分解の指標として調査したところ、15°CのHV添加区において無機態窒素量が最も増加したが、0°CのHV添加区においては対象区と有意差が認められなかった(表1)。このことから、HVの分解は主に積雪前と融雪後に進むものと考えられる。HV添加区における硝酸態窒素とアンモニア態窒素の比率は温度条件によって異なり、培養4週間目の15°C区では硝酸態窒素の

割合が全体の約 80%を占めたのに対し、0°C区では 15%程度であった(表 2)。このことから HV 栽培後の積雪下では、土壌が強い還元状態にあることが示唆された。土壌の還元化はコムギ実生の生育異常の潜在的な要因となり得ることから、更なる調査が必要である。また、HV のアレロケミカルであるシアナミドは主に土壌中の酵素活性により分解されることから、温度依存性が高いことが予想されている。現在、培養試験におけるシアナミドの分解量について測定中である。

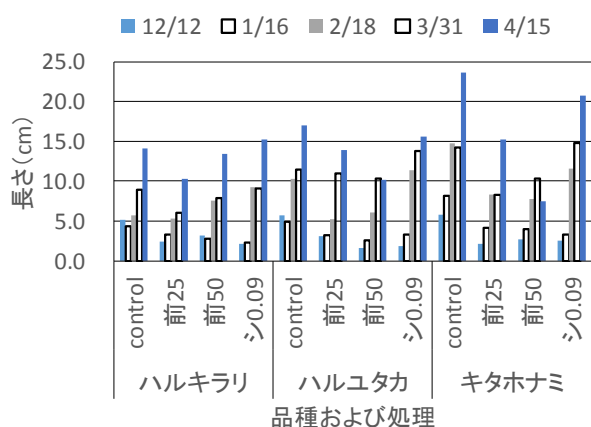


図1 積雪下における春小麦3品種の最大根長の推移

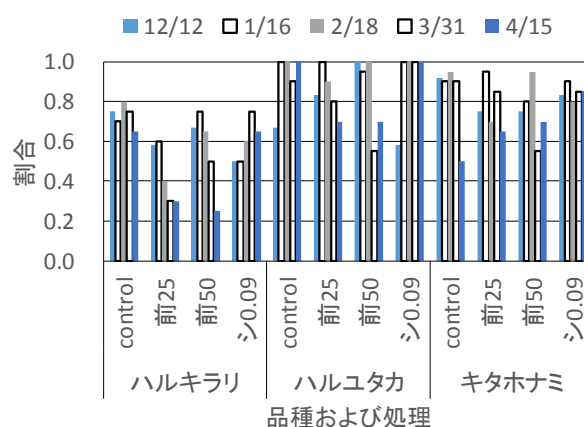


図2 積雪下における春小麦3品種の正常個体の割合

表1 培養期間におけるボトル内の全無機態窒素量の推移(平均値±標準誤差)

温度(°C)	処理区	培養期間(WAI)				
		0	1	2	4	8
0	対象			3.71 ± 0.26 a	5.33 ± 0.27 bc	4.78 ± 0.30 abc
	HV			4.85 ± 0.99 a	5.69 ± 0.62 bc	6.25 ± 0.81 ab
	シアナミド			5.09 ± 0.19 a	5.60 ± 0.13 bc	5.12 ± 0.27 abc
5	対象			3.68 ± 0.20 a	5.68 ± 0.17 bc	4.64 ± 0.25 bcd
	HV			3.64 ± 0.19 a	6.92 ± 0.62 b	7.10 ± 0.88 a
	シアナミド			4.82 ± 0.16 a	6.21 ± 0.22 bc	4.85 ± 0.28 abc
15	対象	2.69 ± 0.05 a	5.76 ± 0.32 a	3.75 ± 0.05 a	4.60 ± 0.30 c	1.91 ± 0.14 d
	HV	3.47 ± 0.14 b	6.81 ± 0.33 a	3.64 ± 0.45 a	9.45 ± 0.41 a	6.84 ± 0.74 a
	シアナミド	2.79 ± 0.07 a	6.45 ± 0.16 a	4.75 ± 0.09 a	5.45 ± 0.18 bc	3.31 ± 0.18 cd

表2 培養温度0°Cおよび15°Cの4週間後の異なる位置(ボトル上部と下部)における無機態窒素濃度(平均値±標準誤差)

位置	処理区	無機態窒素(mg/100g)					
		0°C			15°C		
		NO3	NH4	Total	NO3	NH4	Total
上部	対象	1.29 ± 0.31 a	1.10 ± 0.11 b	2.39 ± 0.22 b	1.11 ± 0.06 c	1.10 ± 0.30 a	2.21 ± 0.33 b
	HV	0.60 ± 0.13 b	1.62 ± 0.12 ab	2.21 ± 0.24 b	2.82 ± 0.54 b	0.92 ± 0.04 a	3.74 ± 0.53 ab
	シアナミド	1.34 ± 0.06 a	1.28 ± 0.11 b	2.62 ± 0.08 ab	1.72 ± 0.03 bc	1.00 ± 0.07 a	2.72 ± 0.07 b
下部	対象	1.57 ± 0.38 a	1.37 ± 0.41 b	2.94 ± 0.14 ab	1.46 ± 0.05 bc	0.94 ± 0.05 a	2.39 ± 0.09 b
	HV	0.16 ± 0.00 b	3.42 ± 0.56 a	3.59 ± 0.56 a	4.75 ± 0.63 a	0.95 ± 0.03 a	5.70 ± 0.62 a
	シアナミド	2.01 ± 0.12 a	0.90 ± 0.05 b	2.91 ± 0.14 ab	1.65 ± 0.10 bc	1.09 ± 0.16 a	2.73 ± 0.14 b

初冬播き春コムギにおけるヘアリーベッチ残渣内養分の吸収

1. はじめに

ヘアリーベッチ(以下、HV)はマメ科ソラマメ科の植物で、カバークロップとして利用され、優れた窒素固定能や土壌保全効果、雑草抑制作用、アレロパシー(他感作用)などがあるとされる。多くのカバークロップはすき込み直後に主作物が栽培されるが、北海道における春コムギの初冬播き栽培体系にHVを導入する場合、HVは積雪下で自然枯死し、残渣として地表面を覆い、その残渣内養分は主に越冬後に利用される。本研究では、春コムギの初冬播き栽培におけるHV施用がコムギの養分吸収の効率に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、 ^{15}N トレーサーによる窒素吸収量および、融雪による溶脱の懸念がある交換性カチオンの吸収量について調査した。

2. 材料および方法

材料としてコムギには春コムギ品種‘ハルキラリ’を、HVには品種‘まめ助’を使用した。試験区設定はHVの有無2水準(あり:HV+、なし:HV-)および早春窒素の施肥4水準(N0:N3:N6:N9=0:3:6:9 g/m²)とし、各処理区7反復で行った。施用するHVは40cm×60cmのバットで安定同位体 ^{15}N を含む肥料を施用して栽培した。コムギの栽培は雨よけハウス内で1/5000aのワグネルポットを用いて行い、2012年12月12日のコムギ播種時にHVの地上部を404g/m²、地下部を212g/m²をHV+区に施用(表1)し、翌年4月16日にポット当たり4個体に間引いた後、4水準の早春窒素施肥を行った。6月1日にすべての処理区に窒素を6g/m²追肥をし、8月10日に全個体を収穫した。サンプルは部位ごとに分けて乾物重を測定し、窒素については元素分析装置および安定同位体質量分析計を用いて全窒素量および $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定し、多量元素(P, K, Ca, Mg)については誘導プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を用いて各元素量を測定した。

3. 結果および考察

収穫期のコムギの収量と乾物重および多量元素吸収量は、HV+区において増加する傾向を示した(図1~図3、表2)。コムギ子実の含有窒素量におけるHV由来窒素の寄与率は窒素施肥量が多くなるにつれて低くなったが(図4)、コムギの全窒素吸収量は増加し、コムギ子実内のHV由来窒素量は施肥処理間で差異が認められなかった。以上のことから、春コムギの初冬播き栽培体系においてもHVにより窒素およびその他の多量元素の吸収量が増加することが確かめられた。これらの多量元素吸収量はHVの付加による供給効果によって増加したと考えられるが、根重と各元素の総吸収量には相関が認められなかったため、HV付加による根重の増加が多量元素の吸収に影響を与えた可能性が示唆された。

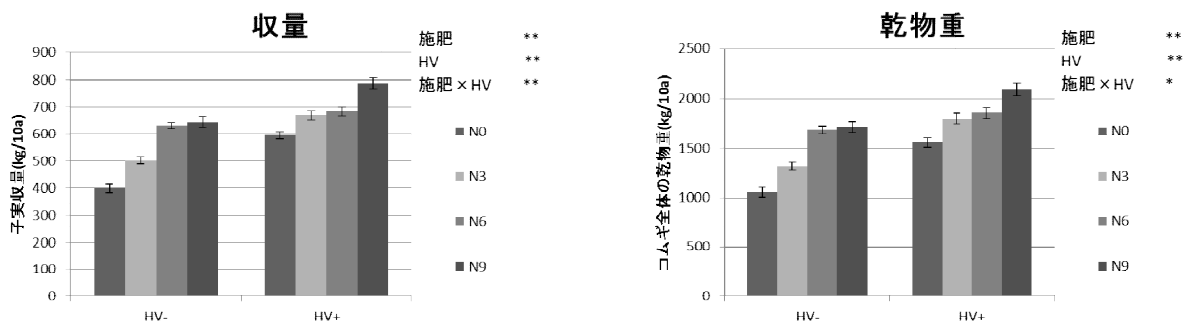


図1 コムギの子実収量(kg/10a)

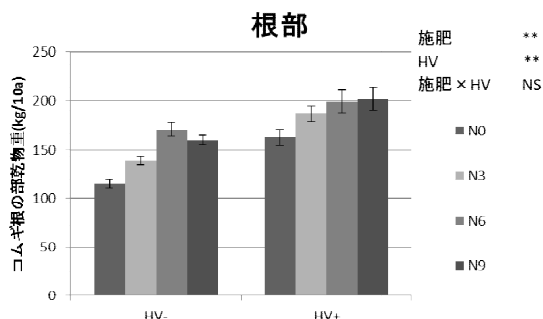


図3 収穫期におけるコムギ根部の乾物重(kg/10a)

図2 収穫期におけるコムギの全乾物重(kg/10a)

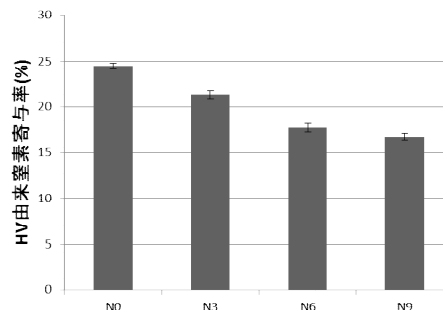


図4 コムギ子実におけるHV由来窒素寄与率(%)

表1 施用したヘアリーベッチの各元素の含有率(%)と投入量(mg/pot)

器官	N	¹⁵ N (atom%)	P	K	Ca	Mg
含有率						
地上部	3.52	0.82	0.28	3.52	2.01	0.32
地下部	1.75	1.01	0.10	0.98	1.20	0.52
全体	3.15	0.86	0.25	3.20	1.82	0.41
含有量						
地上部	284.14	2.32	22.27	284.49	162.69	25.66
地下部	73.99	0.74	4.18	41.52	50.89	21.86
合計	358.13	3.06	26.45	326.00	213.58	47.51

※HVの施用量は地上部:8.08 g/pot、地下部:4.24 g/potであった。

表2 収穫期のコムギ全個体における各元素の吸収量(mg/pot)

処理区	N			P			K			Ca		Mg				
	平均値	標準誤差		平均値	標準誤差		平均値	標準誤差		平均値	標準誤差	平均値	標準誤差			
HV-	N0	141.32	3.32	f	22.25	0.74	c	155.88	7.74	d	22.50	0.82	d	14.42	0.34	d
	N3	178.27	3.59	e	24.49	0.74	bc	193.00	8.01	cd	24.50	1.37	d	17.55	0.43	d
	N6	228.28	3.44	cd	30.17	0.73	a	235.87	8.74	bc	36.31	2.90	bc	22.02	0.75	bc
	N9	250.78	6.88	bc	31.21	1.02	a	261.28	11.96	ab	43.36	2.09	abc	23.49	0.53	bc
HV+	N0	209.99	4.81	d	30.06	0.75	ab	239.62	8.02	b	36.04	1.60	c	21.45	0.49	c
	N3	249.47	3.73	bc	35.38	2.67	a	272.06	5.46	ab	43.28	1.83	abc	24.14	0.60	bc
	N6	251.57	4.59	b	32.52	1.27	a	269.89	7.43	ab	46.28	2.12	ab	25.24	0.87	ab
	N9	281.34	4.75	a	33.59	0.88	a	295.87	10.59	a	52.95	3.08	a	27.46	0.95	a

表3 収穫期のHV+区のコムギにおける部位別および全乾物重と各元素の総吸収量の間に
おける相関

	根部	茎葉部	穂	子実	全体	¹⁵ N	N	P	K	Ca	Mg
根部	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
茎葉部	0.79 **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
穂	0.69 **	0.94 **	-	-	-	-	-	-	-	-	-
子実	0.68 **	0.93 **	1.00 **	-	-	-	-	-	-	-	-
全体	0.80 **	0.99 **	0.98 **	0.97 **	-	-	-	-	-	-	-
¹⁵ N	-0.04 NS	0.09 NS	0.16 NS	0.14 NS	0.11 NS	-	-	-	-	-	-
N	0.67 **	0.90 **	0.91 **	0.91 **	0.91 **	-0.01 NS	-	-	-	-	-
P	0.53 **	0.50 **	0.49 **	0.51 **	0.52 **	0.03 NS	0.44 *	-	-	-	-
K	0.63 **	0.86 **	0.85 **	0.84 **	0.86 **	0.10 NS	0.81 **	0.58 **	-	-	-
Ca	0.86 **	0.86 **	0.80 **	0.78 **	0.86 **	-0.21 NS	0.85 **	0.76 **	0.73 **	-	-
Mg	0.78 **	0.88 **	0.84 **	0.84 **	0.89 **	-0.12 NS	0.84 **	0.61 **	0.81 **	0.93 **	-

※¹⁵Nのみ子実における吸収量で相関を求めた。