

委託試験成績（平成 26 年度）

担当機関名、部・室名	石川県農業総合研究センター 資源加工研究部 生物資源グループ
実施期間	平成 25 年度～平成 26 年度
大課題名	IV 環境保全を配慮した生産技術の評価・確立
課題名	うね内局所施肥と被覆尿素肥料によるキャベツの減肥限界
目的	河北潟干拓地では、残存水域の富栄養化が問題となっており、水質負荷の低減が強く望まれている。また、大区画農地で専業農家や企業が大規模営農に取り組んでいるため、低コスト栽培技術への要求も強い。しかし、作物への利用率が高い被覆尿素肥料を用いた減肥は、経験に基づいて行なわれることが多く、合理的な削減量は明らかではない。そこで、本研究では、河北潟干拓地のキャベツにおいて、被覆尿素肥料を局所施肥することによる減肥限界について検討する。
担当者名	高原 知佳子・梅本 英之
<p>1 試験場所：河北潟干拓地内農家圃場</p> <p>2 試験方法</p> <p>前年度までの結果から、施肥窒素量 3 割減までは減肥できることが明らかになった。本年度は慣行に対して施肥窒素 4～5 割減区を設定し、施肥限界を検討した。検討にあたっては、平成 23 年度～平成 24 年度に行なった結果も用いた。</p> <p>(1) 供試機械名：トラクター（ヤンマーEG225）、整形機（ヤンマー畝立て整形機 RCR140） 施肥機（ジョーニシ施肥機サンソワーG-R10-3K, FTMH-MP-1）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 細粒灰色低地土、土性 LiC、前作なし</p> <p>イ. 栽培の概要</p> <p>品 種 名：‘Y R 藍宝’</p> <p>耕種概要：慣行区施肥 8/28、畝立・局所施肥 8/29、定植 8/31、慣行区追肥（1 回目）9/8、慣行区追肥（2 回目）9/29、収穫（試験区）11/27、収穫（農家）11/17～12/16</p> <p>うね幅 150cm、株間 33cm、2 条植、栽植密度 4,040 株/10a</p> <p>施 肥：慣行区は、基肥と追肥 2 回の分施肥とし、基肥は全層施肥、追肥は畝肩散布。うね内局所施肥区は、慣行の窒素施用量に対して 3 割減区、4 割減区、5 割減区を設定し、全量基肥施用とし、追肥は行なわなかった（図 1、表 1）。詳細な施肥量や肥料の種類に関しては、表 2 のとおり。</p> <p>水 管 理：スプリンクラー灌水（9月、4回）</p>	

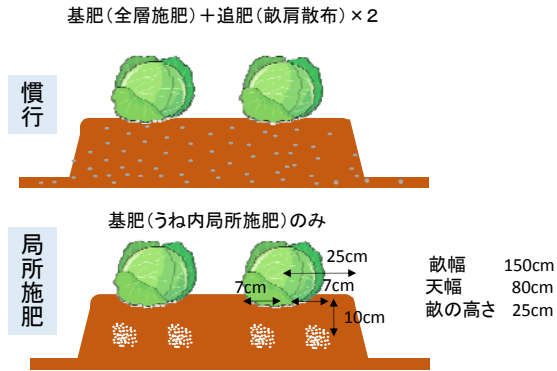


図1 局所施肥機と局所施肥位置

(3) 調査項目

- ア. 生育調査：結球始期（9/26）、結球中期（10/17）、収穫期（11/27）に、各区5株×2か所から計10株について、株径、最大葉幅、最大葉幅、葉色（SPAD-502）を調査。
- イ. 収穫調査：収穫期（11/27）に各区5株×2か所から計10株収穫し、生重、結球重、球径、球径、について調査。
- ウ. 養分吸収量：結球始期（9/26）は各区5株、結球中期（10/17）と収穫期（11/27）は各区10株抜き取りし、乾物重に窒素、リン酸、カリウム濃度を乗じて算出。
- エ. 養分負荷量：窒素、リン酸施肥量から収穫による圃場からの持ち出し量を差し引いて算出。
- オ. 地温：温度センサーを局所施肥位置（深さ10cm、株から10cm）に埋設して測定した。
- カ. 作業時間：うね立て同時施肥作業時間は圃場で実測、その他作業は聞き取り。
- キ. 経営評価：投下労働時間について生産者より聞き取り。

3 試験結果

(1) 畝立て局所施肥機の作業精度は、目標とする窒素施肥量に対して、3.2%~7.8%の作業誤差があった（表1）。実際の作業中、4割減区②の誤差が-7.5%と大きかったため、機械からの散布量を微調節したが、逆に4割減区①では+7.8%となった。その結果、本年の試験区の構成と施肥量は表2のとおりとなった。また、3カ年の平均作業誤差は8.1%であった。

(2) 畝立ておよび施肥にかかる作業時間では、慣行が6.2時間かかったのに対し、畝立て局所施肥では1.7時間となり、7割程度削減できた（図2）。

(3) 肥料費は、慣行が34,965円であったのに対し、局所施肥区では、20,928円（40.1%減）~16,259円（53.5%減）に削減できた（図3）。

(4) 試験圃場は前作の作付けがなく、窒素やリンなどの蓄積が少ない土壌である（表3）。

(5) 各試験区の窒素供給予測量を推定したところ、慣行区は26.0（Nkg/10a）であったのに対し、3割減区では12.6（Nkg/10a）、4割減区①では12.0（Nkg/10a）、4割減区②では11.7（Nkg/10a）、5割減区では11.4（Nkg/10a）と慣行区の半量以下であった（図4）。また、各試験区の窒素供給パターンをみたところ、試験区では9月下旬以降の窒素供給量が少ないと予想された（図4、図5）。

(6) 作物栽培中の土壌の無機態窒素量は、3割減区と4割減②区および5割減区では慣行より低く推移した。4割減区①の9月下旬の無機態窒素量は慣行より高かったものの、その後は低くなり、他の試験区と同等となった（図6）。

(7) キャベツの窒素吸収量は、9月下旬では局所施肥区のほうが慣行区より優り、局所施肥区で

は施肥効率が高かったと考えられたが、その後の窒素供給量の差により、10月中旬には逆転した(図7)。

(8) 慣行区に対する試験区の収量指数は、4割減①区で100であったが、4割減②区で97、3割減区では78、5割減区では73となり減収した(表4)。経済階級であるMLの農家の収穫個数はこれと同様の傾向が見られ、4割減①区では慣行と同等(99%)の個数が得られたが、4割減①区で76%、3割減区では77%、5割減区では23%となり減収した(図8)。これらの結果では、減肥率と収量の関係が合わず、施肥限界を求めることができないと判断した。

(9) そこで、これまで4年間実施したキャベツの試験をもとに、うね内条施肥によるキャベツの減肥限界を調べるため、各年度の収量指数と窒素施用量、慣行区に対する施用窒素割合、窒素供給予測量、リン施用量、カリ施用量等との関係を調べた(表5、表6)。その結果、慣行に対する窒素供給予測量の割合と収量指数に関係があり、これについて折れ線回帰分析したところ、最も残差平方和が小さくなる交点座標は、 $x:63y:107$ (残差平方和:881.5)であった。また、収量指数を100とした際の窒素供給予測量の割合の最小値は56.8%であった(図9)。

(10) 慣行に対する窒素供給予測量の割合と慣行に対する窒素吸収量の関係についても、窒素供給予測量が慣行の60%以下になると減収する傾向が確認できた(図10)。

(11) 局所施肥区のリンの施用量は3~4割削減したが、リン酸の利用率は局所施肥区で高まり、キャベツのリン酸吸収量は、局所施肥区で4.14~4.64(kg/10a)と、慣行比85~95%に収まった(表7)。また、減肥に伴い、環境への負荷量は、慣行の20.1(kg/10a)に対し、局所施肥区では10.0~13.3(kg/10a)に低減された(表7)。

(12) カリの施用量は局所施肥区で4割程度削減され、それに伴い利用率が高まったが、カリの吸収量が施用量を上回る区があるなど、土壌中のカリを吸収したと考えられる。そのため、環境への負荷量は、慣行の5.2(kg/10a)に対し、局所施肥区では-0.9~1.7(kg/10a)と低かった。

4 主要成果の具体的データ

表1 畝立て局所施肥機の作業精度

年度	区名	目標		実際		作業誤差 ^{注)} (%)
		窒素施用量 (Nkg/10a)	減肥率 (慣行比%)	窒素施用量 (Nkg/10a)	減肥率 (慣行比%)	
2014	慣行区	26.4	—	26.4	—	—
	3割減区	18.5	30	17.9	32.2	-3.2
	4割減区①	15.8	40	17.1	35.3	7.8
	4割減区②	15.8	40	14.7	44.5	-7.5
	5割減区	13.2	50	14.2	46.3	7.5
2011 (参考)	慣行区	20.1	—	20.1	—	—
	2割減区	14.1	30	15.8	21.4	12.3
	5割減区	10.1	50	10.7	46.8	6.5
2013 (参考)	慣行区	26.4	—	26.4	—	—
	3割減区	18.5	30	18.7	29.2	1.2
	4割減区	15.8	40	19.0	28.0	19.9
	5割減区	13.2	50	14.1	46.6	6.8

注) 作業誤差=(実際の窒素施用量/目標とする窒素施用量)×100-100

表2 試験区の構成と施肥量

試験区	施肥位置	施肥成分量(kg/10a)			窒素 減肥率(%)	備考
		窒素	リン酸	加里		
慣行	全層(基肥)	18.4	15.9	16.1	—	BBS604、豊穰
	表層(追肥)	8.0	9.0	7.0	—	
	計	26.4	24.9	23.1	—	
3割減	側条	17.9 (うち緩効性9.0)	17.9	15.3	32.2	BB442-F70 (緩効性部分は70日タイプ)
4割減①	側条	17.1 (うち緩効性8.7)	17.1	14.6	35.3	BB442-F70 (緩効性部分は70日タイプ)
4割減②	側条	14.7 (うち緩効性8.8)	14.7	14.7	44.5	N:P:K=14:14:14 (緩効性部分は50日タイプ)
5割減	側条	14.2 (うち緩効性8.5)	14.2	14.2	46.3	N:P:K=14:14:14 (緩効性部分は50日タイプ)
無肥料	—	—	—	—	—	—

注1) 慣行区の追肥は2回の合計量

注2) 各試験区とも、定植時にセルトレイにハイパーCDU細粒を1kg/10a上乗せ施用

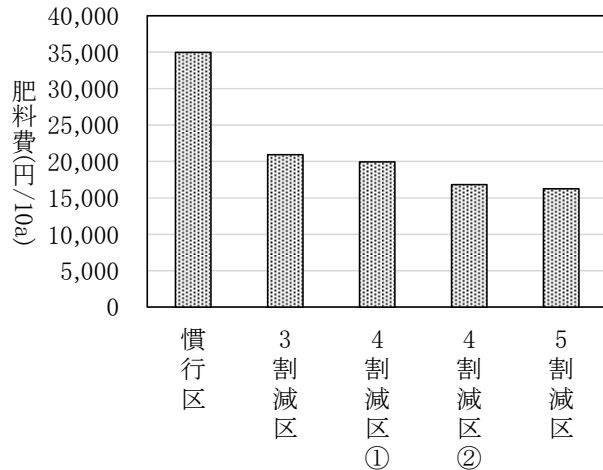
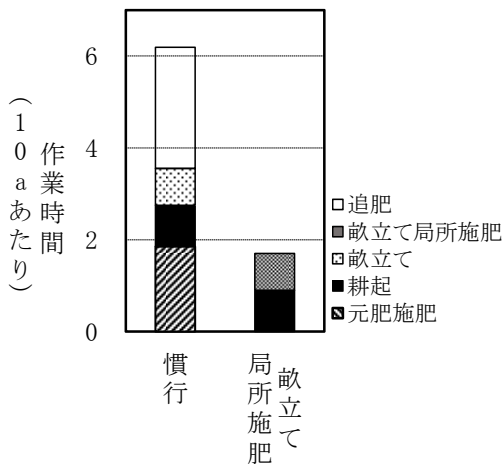


図2 畝立ておよび施肥にかかる作業時間

図3 各試験区の肥料費

表3 前地土壌の窒素肥沃度

pH	EC (mS/cm)	腐植 (%)	全窒素 (%)	無機態窒素 (mg/100g乾土)			可給態窒素 (mg/100g乾土)
				NH ₄ -N	NO ₃ -N	合計	
6.0	0.047	2.45	0.15	0.16	0.08	0.24	4.3

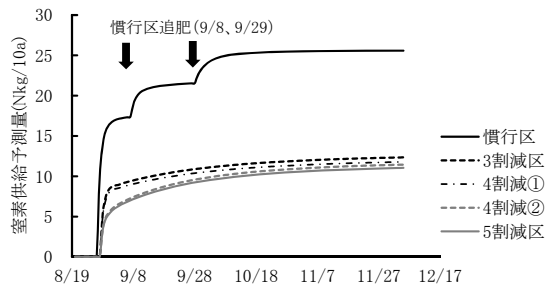


図4 各試験区の窒素供給予測量(積算)

注) 窒素供給予測量は、緩効性肥料の窒素溶出特性値と現地地温を用いて、岡山県土壌施肥管理システムを用いて求めた。

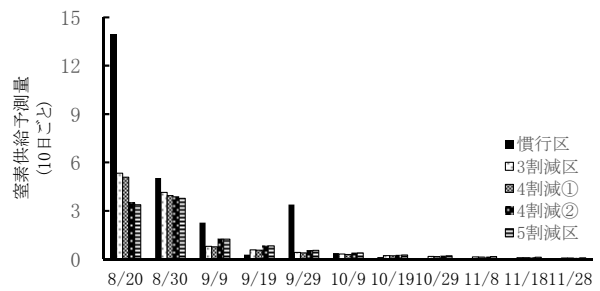


図5 各試験区の窒素供給予測量(10日ごと積算)

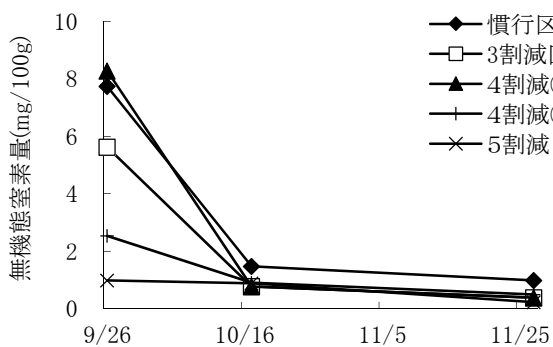


図6 土壌の無機態窒素量の推移

注) 値は2ヵ所の平均値

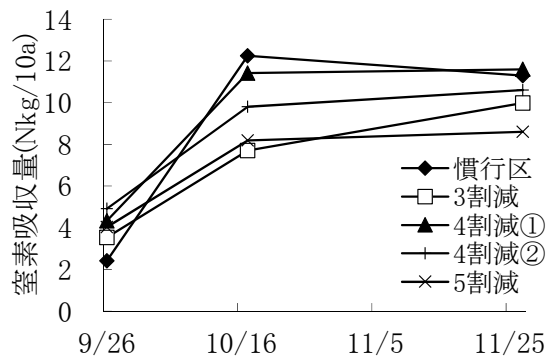


図7 キャベツの窒素吸収量の推移

表4 収量調査結果と収量指数

年度	試験区名	使用した被覆肥料名	外葉重 (g/株)	結球重 (g/株)	球径 (cm)	球高 (cm)	結球緊度 ^{注1)}	粗収量 ^{注2)} (t/10a)	収量指数 (慣行比%)	窒素吸収量	
										(Nkg/10a)	(慣行比%)
2014	慣行区	—	513	944	16.7	9.7	72	3.81	100	11.3	100
	3割減区	LP70	476	735	15.0	9.07	61	2.97	78	10.0	88
	4割減区①	LP70	483	939	15.7	10.03	73	3.79	100	11.6	103
	4割減区②	LP50	478	916	15.8	9.79	72	3.70	97	10.6	94
	5割減区	LP50	389	686	14.6	8.94	58	2.77	73	8.6	76

注1) 結球緊度=結球重/((球径+球高)/2)

注2) 粗収量=球重×栽植密度

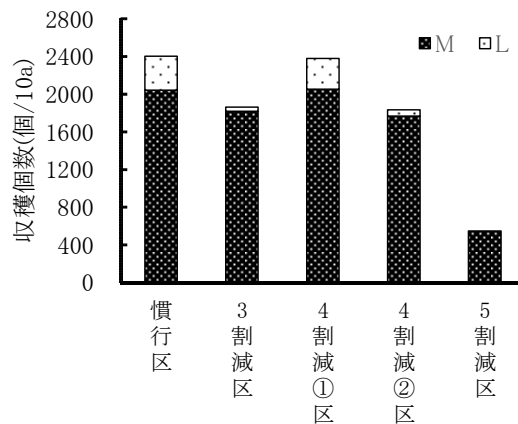


図8 試験区別の農家収穫個数(M,L)

表5 各年度における成分施肥量と窒素供給予測量

年度	試験区名	施肥日	定植日	収穫日	使用した緩効性肥料名	緩効性肥料溶出率 ^{注3)} (%)	施肥成分量 ^{注1)}			施用窒素減率率(%)	窒素供給予測量				備考
							窒素(kg/10a)	リン酸(kg/10a)	加里(kg/10a)		速効性(Nkg/10a)	緩効性(Nkg/10a)	合計(Nkg/10a)	慣行比(%)	
2011	慣行区	8/29		11/14	—	—	20.1	18.4	16.8	0	20.1	—	20.1	100	BB S604、豊穰
	2割減区	8/29	8/31	11/17	LP70	61.2	15.8	14.9	12.8	21	7.9	4.6	12.5	62	BB442-F70
	5割減区	8/29		11/21	LP70	61.2	10.7	9.8	8.4	47	5.4	3.0	8.3	42	BB442-F70
2012	慣行区	8/23		11/28	—	—	20.0	18.0	13.1	0	20.0	—	20.0	100	BB S604、豊穰
	3割減区	8/29	8/31	11/28	LP70	60.0	14.0	14.0	12.0	30	7.0	4.2	11.2	56	BB442-F70
	5割減区LP50	8/29		12/10	LP50	84.7	10.0	10.0	10.0	50	5.0	4.2	9.2	46	BB444-50
	5割減区LP70	8/29			LP70	60.0	10.0	10.0	8.6	50	5.0	3.0	8.0	40	BB442-F70
2013	慣行区	8/22			—	—	26.4	24.9	23.1	0	26.4	—	26.4	100	BB S604、豊穰
	3割減区	8/22	8/23	11/12	LP70	53.2	18.7	18.7	16.0	29	9.4	5.0	14.3	54	BB442-F70
	3割減区	8/22			LP30+LP70	67.7	19.0	17.6	17.6	28	—	12.9	12.9	49	全量LP
	5割減区	8/22			LP30+LP70	67.7	14.1	13.1	13.1	47	—	9.5	9.5	36	(LP30:LP70=1:1)
2014	慣行区	8/28			—	—	26.4	24.9	23.1	0	26.4	—	26.4	100	BB S604、豊穰
	3割減区	8/29			LP70	40.7	17.9	17.9	15.3	32	8.9	3.6	12.6	48	BB442-F70
	4割減区①	8/29	8/30	11/27	LP70	40.7	17.1	17.1	14.6	35	8.5	3.5	12.0	46	BB442-F70
	4割減区②	8/29			LP50	66.7	14.7	14.7	14.7	44	5.9	5.9	11.7	44	速効性:緩効性=4:6
	5割減区	8/29			LP50	66.7	14.2	14.2	14.2	46	5.7	5.7	11.4	43	緩効性部分はLP50

注1) 栽培前地土壌の化学性や前作の有無によって毎年の慣行区の施肥量は異なる

注2) 供試品種:は、'YR藍宝'(2011、2013、2014)、『夢舞台』(2012)

注3) 2011~2013は気温から推定、2014年は地温から推定

表6 各年度の収量調査結果と収量指数

年度	試験区名	使用した緩効性肥料名	外葉重(g/株)	結球重(g/株)	粗収量 ^{注2)} (t/10a)	収量指数 ^{注3)} (慣行比%)	窒素吸収量	
							(Nkg/10a)	(慣行比%)
2011	慣行区	—	767	1369	5.89	100	17.1	100
	2割減区	LP70	777	1379	5.93	101	14.3	84
	5割減区	LP70	702	1210	5.20	88	12.3	72
2012	慣行区	—	1344	1459	5.89	100	24.1	100
	3割減区	LP70	1249	1514	6.12	104	23.5	98
	5割減区LP50	LP50	1111	1159	4.68	79	21.3	88
	5割減区LP70	LP70	1241	1200	4.85	82	21.4	89
2013	慣行区	—	943	1049	4.24	100	15.2	100
	3割減区	LP70	879	1179	4.76	120	15.2	100
	3割減区	LP30+LP70	821	971	3.92	91	13.2	87
	5割減区	LP30+LP70	916	950	3.84	70	12.0	79
2014	慣行区	—	513	944	3.81	100	11.3	100
	3割減区	LP70	476	735	2.97	78	10.0	88
	4割減区①	LP70	483	939	3.79	100	11.6	103
	4割減区②	LP50	478	916	3.70	97	10.6	94
	5割減区	LP50	389	686	2.77	73	8.6	76

注1) 結球緊度=結球重/(球径+球高)/2

注2) 粗収量=球重×栽植密度

注3) 2011~2013年度は粗収量に収穫株率をかけて算出

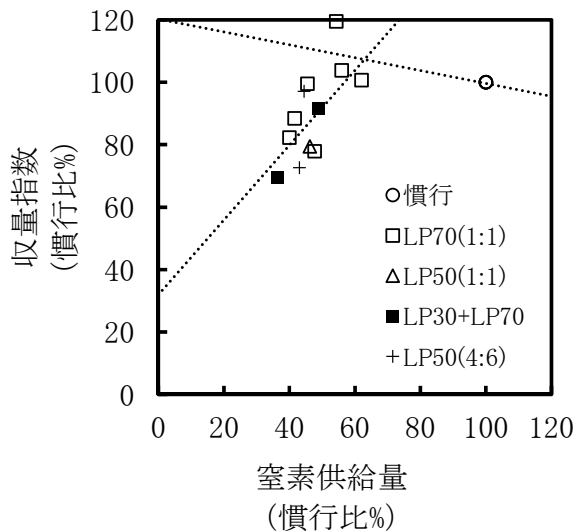


図9 窒素供給量と収量指数の関係

注) 窒素供給量は慣行を100とした相対値

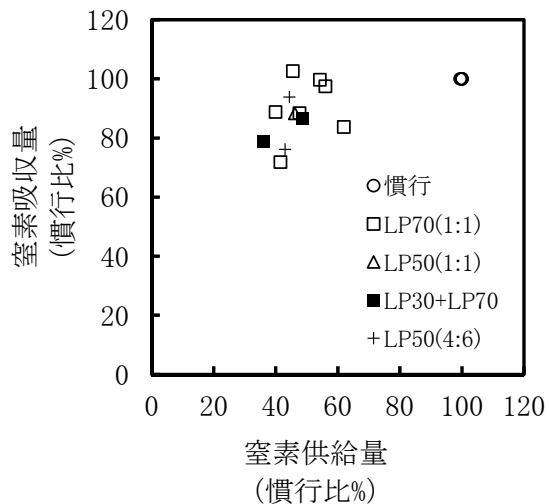


図10 窒素供給量と窒素吸収量の関係

注1) 窒素供給量は慣行を100とした相対値

注2) 窒素吸収量は慣行を100とした相対値

表7 一作期の施肥成分バランスシート

試験区	施用量 (kg/10a)	キャベツによる養分吸収量(kg/10a)			利用率 ^{注1)} (%)	負荷量 ^{注2)} (kg/10a)	残存率 ^{注3)} (%)	
		外葉	球	計				
窒素	慣行区	26.4	4.2	7.1	11.3	42	15.1	57
	3割減区	17.9	4.3	5.7	10.0	55	7.9	44
	4割減区①	17.1	4.2	7.4	11.6	67	5.5	32
	4割減区②	14.7	3.9	6.7	10.6	71	4.1	28
	5割減区	14.2	3.3	5.3	8.6	59	5.6	39
	無施用	0.0	0.2	-	0.2	-	-	-
リン酸	慣行区	24.9	1.70	3.15	4.85	19	20.1	81
	3割減区	17.9	1.82	2.81	4.64	25	13.3	74
	4割減区①	17.1	1.72	2.82	4.54	26	12.5	73
	4割減区②	14.7	1.61	2.91	4.52	30	10.1	69
	5割減区	14.2	1.61	2.53	4.14	29	10.0	71
	無施用	0.0	0.09	-	0.09	-	-	-
加里	慣行区	23.1	7.5	10.5	17.9	77	5.2	22
	3割減区	15.3	6.3	8.3	14.6	94	0.7	5
	4割減区①	14.6	6.1	9.5	15.5	105	-0.9	-6
	4割減区②	14.7	5.9	8.8	14.8	99	-0.1	-1
	5割減区	14.2	5.6	6.9	12.5	86	1.7	12
	無施用	0.0	0.2	-	0.2	-	-	-

注1) 利用率=[試験区吸収量-無肥料区吸収量]/[施肥成分量]×100

注2) 負荷量=[施肥成分量-肥料成分吸収量]

注3) 残存率=[負荷量]/[施肥成分量]×100

注4) キャベツの吸収量のうち、リンとカリについては、吸収量を酸化物換算した。

5 経営評価

キャベツ 60 a、スイカ 60 a、水稻 300 a の複合経営で、うね立て同時条施肥機は 3 戸の共同利用という想定で経営試算を行った（表 8）。粗収益は、過去 10 年間の市場価格を参考に 77（円/kg）とし、各試験区の粗収量を乗じた。その結果、粗収益は 4 割減区①の単収が慣行区の単収より若干低いことから、1,329 円/10a 減少する。農業経営費は 4 割減①区では肥料費が 4 割程度削減できる一方、うね立て同時施肥機に係る減価償却費及び修繕費が 2 割程度増加し、合計では 10,180 円/10a 程度の削減となる。農業所得は 8,851 円/10a 程度増加する。また、畝立ておよび施肥にかかる作業時間では、慣行が 6.2 時間かかったのに対し、畝立て局所施肥では 1.7 時間となり、7 割程度削減できる（図 2）また、水稻との複合経営では、追肥を省略できることから、米の収穫作業との競合を緩和できると考えられる。

処理区	4割減①区 (慣行比%)	慣行区	
粗収益	290,300 (99.5)	291,629	
農業 経営 費	種苗費	11,000 (100.0)	11,000
	肥料費	19,947 (57.0)	34,965
	農薬費	4,390 (100.0)	4,390
	動力光熱費	2,203 (100.0)	2,203
	小農具・諸材料費	13,173 (100.0)	13,173
	水利費	3,000 (100.0)	3,000
	減価償却費	29,367 (116.5)	25,203
	修繕費	7,996 (117.1)	6,830
	販売費	107,554 (99.5)	108,046
	雇用労働費	0 (-)	0
	借入地地代	0 (-)	0
計	198,630 (95.1)	208,810	
農業所得	91,670 (110.7)	82,819	

注 1) キャベツ 60 a、スイカ 60 a、水稻 300 a の複合経営を想定し計算した。

注 2) 粗収益は、収穫調査の実績及び金沢市中央卸売市場価格 (H17~H26 平均) により計算した。

注 3) 減価償却費及び修繕費は各品目の面積で案分した負担率を用いた。
また、うね立機は 3 戸で共同利用するとし減価償却費及び修繕費を計算した。

6 利用機械評価

畝立て局所施肥機の作業精度は、目標とする窒素施用量に対して、3.2%~7.8%の作業誤差であった（表 1）。実際の作業中、4 割減区②の誤差が-7.5%と大きかったため、機械からの散布量を微調整したが、逆に 4 割減区①では+7.8%となり、繰り出し量の微調整は難しかった。

7 成果の普及 石川県研究成果情報に収録予定

8 考察

(1) 局所施肥による減肥限界

緩効性肥料の局所施肥による窒素の減肥限界は慣行の窒素供給量の 4 割減程度と考えられた。一般的に緩効性肥料は施肥効率が高く、3 割程度減肥できることが報告されるが、これを局所施肥することで更に 1 割程度効率が上がると考えられた。

(2) 省力効果

緩効性肥料を利用したうね立て同時条肥施肥は8~10月の労働時間を低減できる。本成績で経営評価を行った露地野菜と水稻の複合経営では水稻の収穫作業(8~9月)との競合が緩和できる。また、干拓地内に展開している露地野菜と麦・大豆の複合経営では、大豆の収穫作業(10月)、大麦の耕起から播種作業(10月)との競合を緩和できる可能性が示唆される。

(3) コスト低減効果

効率的な施肥位置と、緩効性肥料の活用により、施肥量の低減が可能となり、肥料費は4割程度低減する。一方、うね立て同時条施肥機に係る減価償却費及び修繕費が増加することから、機械の導入については、他の複合部門との汎用利用や他の経営との共同利用によりコスト低減を図り収益性の向上に努める事が重要である。

9 問題点と次年度の計画

施肥量については、肥料(種類や配合割合)と機械の組み合わせによる調整と精度の向上が必要と考えられる。

10 参考写真



左上：畝立て同時条施肥機

右上：キャベツ圃場 (10/2)

手前：無施用区、奥：慣行区

左下：キャベツ圃場 (10/2)

左1畝：5割減区、右3畝：3割減区

右下：キャベツ圃場 (10/2)

右2畝：4割減②区、左2畝：4割減①区