

委託試験成績（令和 5 年度）

担当機関名	山口県農林総合技術センター
部・室名	農林業技術部 農業技術研究室・環境技術研究室
実施期間	令和 5 年度、新規
大課題名	Ⅲ 環境保全を配慮した生産技術の評価・確立
課題名	マメ科緑肥作物を利用した小麦の減化学肥料栽培の確立
目 的	<p>2021 年に策定された「みどりの食料システム戦略」では、2050 年までに有機農業の拡大とともに化学肥料の使用量 3 割減など、持続可能な作物生産が求められている。化学肥料の削減には、家畜糞堆肥とともに緑肥作物の利用が期待される。東北地方では小麦栽培において、マメ科緑肥等による化学肥料の削減効果の可能性が示されている。</p> <p>山口県では小麦栽培の多くが、水稻あるいは大豆との二毛作で行われているため夏作緑肥の導入は難しいが、一部では夏季休閑後に小麦が栽培されている。休閑中には雑草対策でロータリーによる耕起が行われており、管理の省力化が課題である。</p> <p>そこで、小麦収穫後にマメ科緑肥を導入することで、休閑中の雑草管理の省力化を図るとともに小麦の減化学肥料栽培を確立する。緑肥のすき込みはロータリーが一般的であるが、高速作業が可能なディスクティラーについても検討し、すき込み方法の違いが小麦の生育、収量に及ぼす影響も明らかにする。</p>
担当者名	<p>農業技術研究室 専門研究員 池尻 明彦</p> <p>環境技術研究室 専門研究員 渡辺 卓弘</p>
<p>1. 試験場所：山口県農林総合技術センター外部ほ場（山口県防府市大字台道）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名</p> <p>ヤンマートラクタ（YT357RJ、YGQH）＋ディスクティラー（minos、DTM14、SC-P）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア 緑肥作物の耕種概要</p> <p>(ア) 緑肥の種類：クロタラリア「ネマコロリ」、セスバニア「田助」</p> <p>(イ) 播種期：7 月 21 日</p> <p>(ウ) 緑肥の播種量（/10 a）：クロタラリア 6kg、セスバニア 5kg</p> <p>＊散播後、ロータリーで覆土</p> <p>(エ) 刈り取り・すき込み時期：10 月 17 日（刈取りはフレームモアを利用）</p> <p>イ 小麦の耕種概要</p> <p>(ア) 供試品種：小麦「せときらら」</p> <p>(イ) 播種期：11 月 24 日</p> <p>(ウ) 播種量（/10 a）：5.2kg</p> <p>ウ 試験区の構成</p> <p>(ア) 緑肥のすき込み方法：ディスクティラー、ロータリー（対照）</p> <p>(イ) 前作・施肥</p>	

No.	前作	施肥	窒素施肥量(kg/10a)		
			基 肥	開花期追肥	計
1	クロタリヤ	標肥	10.5(ユートップ066(35kg))	6.3(硫安(30kg))	16.8
2	クロタリヤ	減肥	5.5(ユートップ066(18.2kg))	6.3(硫安(30kg))	11.8(30%減肥)
3	セスバニア	標肥	10.5(ユートップ066(35kg))	6.3(硫安(30kg))	16.8
4	セスバニア	減肥	5.5(ユートップ066(18.2kg))	6.3(硫安(30kg))	11.8(30%減肥)
5	なし	標肥 (対照区)	10.5(ユートップ066(35kg))	6.3(硫安(30kg))	16.8
6	なし	減肥	5.5(ユートップ066(18.2kg))	6.3(硫安(30kg))	11.8(30%減肥)

エ 1 区面積・区制：25 m²、3 反復

*ディスクティラー区では、すき込みの際、緑肥がディスクにより引きずられ他の区へ移動し、小麦の生育にも影響があることが確認された。そのため、小麦の生育に関するディスクティラー区の結果・考察は記載しなかった。

3. 試験結果

(1) 緑肥作物の生育概要

緑肥作物の出芽苗立ちから初期生育は順調であった。8 月中旬以降、降雨が少なく、土壌の乾燥が続いたため、クロタリヤおよびセスバニアともに生育は停滞した。葉の萎れ・下葉の脱落が大きくなったことから、8 月 29、30 日に灌水を行った。その後、生育は回復したものの、クロタリヤでは 9 月 4 日頃から立ち枯れ症状が発生した。試験区によっては最大 77%の個体が枯死した。一方、セスバニアの生育は順調であった。

緑肥作物の草高は 8 月下旬には約 100 cm、9 月上旬には約 150 cm、9 月下旬には約 200 cmに達した（図 1）。緑肥作物の生育が順調な部分では雑草の発生はほとんどなかった。

(2) 前作なし区における雑草の生育概要

前作なし区ではイヌビエ、アゼガヤ、オオクサキビ等のイネ科雑草が繁茂した。草高は 8 月下旬には 50 cm、9 月上旬には出穂し 100 cmを超えた（図 1）。

(3) 緑肥作物の生育・収量

刈刈を行った 10 月 12 日には、クロタリヤ、セスバニアともに木化が進み、茎は固かった。枯死株を含む 10 a 当たり乾物収量は、クロタリヤで 855kg、セスバニアで 968kgであった。乾物収量と窒素含有率より算出した 10 a 当たり窒素量は、クロタリヤで 16.2kg、セスバニアで 16.6kg であった（表 1）。

(4) 緑肥作物の刈り取り時間

フレールモアによる刈り取り時間は 22 a の圃場条件で 1 時間 4 分 42 秒、作業能率 29.4 分/10 a であった。

(5) 小麦の出芽数、生育

小麦の出芽数は前作による差はなかった。草丈は前作なしに比べて、クロタリヤおよびセスバニア区で長く推移した。茎数は前作による差はなかった。

稈長および穂長は前作の種類では前作なし区に比べて、クロタリヤ区およびセスバニア区で、施肥量では減肥区に比べて、慣行区で長かった（表 2）。

生育期間中の SPAD 値はクロタリヤ、セスバニアの慣行施肥区が最も高く、クロタリヤ

リア、セスバニアの減肥区、前作なし慣行区の3区がほぼ同様の値で推移し、前作なし減肥区が最も低く推移した(図2)。

(6) 収量および収量構成要素

収量はクロタラリア、セスバニアの慣行施肥区が最も多く、次いで、セスバニアの減肥区、クロタラリアの減肥区、前作なし慣行区の順に少なく、前作なし減肥区で最も少なかった。茎数は前作による差はなかったが、有効茎歩合はクロタラリア区およびセスバニア区が前作なし区に比べて高く、穂数が多かった。1穂粒数は前作では前作なし区に比べてクロタラリア区、セスバニア区で多く、施肥量では減肥区に比べて標肥区で多かった。㎡当たり粒数も同様に多かった。千粒重には有意差は認められなかった(表3)。

子実タンパク質含有率は、施肥量において慣行区が減肥区に比べて高かった(表3)。

(7) 土壌分析結果、緑肥作物の分解

緑肥作物はすき込み後小麦の播種までに、炭素が35～45%、窒素が40～50%分解された。その後、分解が緩やかになり、小麦の播種期から穂揃期までに炭素、窒素は20%程度分解された。穂揃期以降の緑肥作物の分解はわずかであった。緑肥の分解速度は、セスバニアに比べてクロタラリアでやや速かった(図3)。

出芽期から穂揃期までの小麦の窒素吸収量は、前作なし区に比べてクロタラリア、セスバニア区が1.1～1.4g/㎡多かった。穂揃期から成熟期においては、試験区間に差はなかった(図4)。

播種前の土壌中の無機態窒素は、すき込み前に比べて2.3mg/100g増加した。前作なしと比べた緑肥区との差はクロタラリア区で0.87mg/100g、セスバニア区で1.62mg/100gであった(表4)。

4. 主要成果の具体的データ

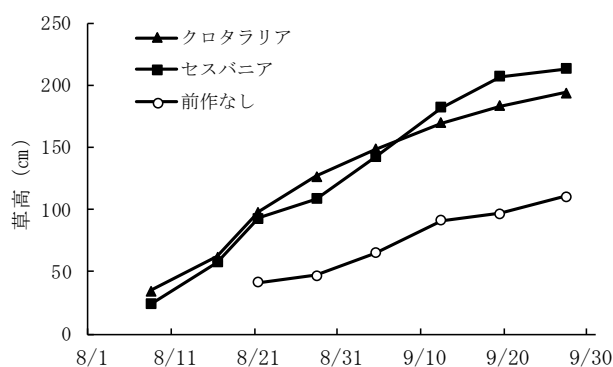


図1 クロタラリア、セスバニアおよび前作なし区における草高の推移(2023年)。

データは10個体、3区の平均値。前作なし区は雑草の草高を調査。7月21日の耕起後、草刈り等の管理は実施はなし。

表1 生育、収量調査結果 (2023年10月12日調査)

緑肥の 種類	草丈 (cm)	株数 (本/m ²)	枯死 個体率 (%)	地上部収量 (kg/10 a)		乾物率 (%)	炭素率 (%)	窒素率 (%)	CN比
				現物	乾物				
クロタラリア	192	141	58.7	2,176	855	39.7	42.8	1.9	22.6
セスバニア	213	123	1.6	2,811	968	34.4	43.6	1.7	25.5

刈取りは50×50cmのコドラートを用い、1区2か所を調査(計6区)。草丈は刈り取を行った1区2か所について、生育が順調な5個体を調査。乾物重は80℃、48時間通風乾燥機で乾燥後測定。地上部生収量および乾物重には枯死個体も含む。

表2 ロータリ区における前作の種類、施肥量が小麦の出芽数、草丈、最高茎数、SPAD値、稈長、穂長、倒伏程度に及ぼす影響 (2023年)

前作の種類	施肥量	出芽数 (本/m ²)	草丈 (cm)					茎数 (本/m ²)			稈長 (cm)	穂長 (cm)	倒伏 程度 (0-5)
			1/29	2/13	2/26	3/11	3/25	1/29	2/13	2/26			
クロタラリア	慣行	123	21	30	45	54	67	548	612	606	98	9.3	3.0
クロタラリア	減肥	124	19	29	43	50	62	542	586	577	93	8.9	0.8
セスバニア	慣行	130	20	29	45	54	66	584	625	615	96	9.3	3.7
セスバニア	減肥	130	19	30	42	51	62	573	608	594	93	8.9	2.0
なし	慣行	130	21	29	44	52	64	585	626	618	92	8.9	2.7
なし	減肥	127	19	28	40	48	59	540	586	577	88	8.4	0.3

分散分析結果

前作の種類 (A)	ns	ns	*	**	*	*	ns	ns	ns	*	**	-
施肥量 (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	-
(A) × (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-

分散分析の結果、*、**はそれぞれ危険率5%、1%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す(以下の図表も同様)。データはN=3。倒伏程度は0(無)～5(甚)の6段階で成熟期に調査した。

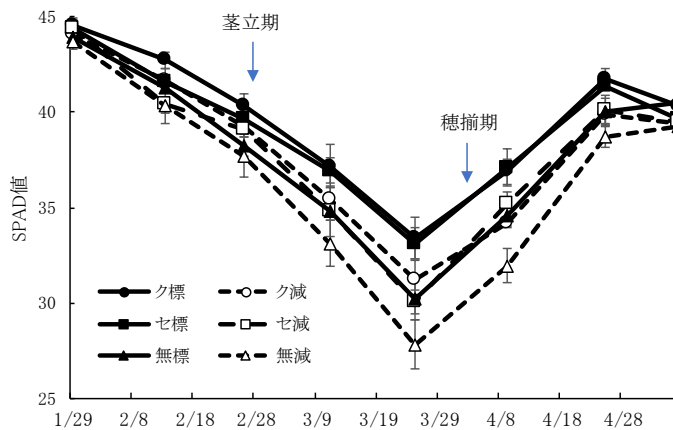


図2 SPAD値の推移(2023年)

SPAD値はM社製のSPAD502を用いて、3月25日までは展開第2葉、4月9日以降は止葉を調査した。

エラーバーは標準誤差(n=3)を示す。

凡例のクはクロタラリア、セはセスバニア、無は前作なし、標は標肥区、減は減肥区を示す。

表3 ロータリにおける前作の種類、施肥量が小麦の収量および収量構成要素、子実タンパク質含有率に及ぼす影響 (2023年)

前作の種類	施肥量	収量 (kg/10 a)	同左比 (%)	穂数 (本/m ²)	有効茎 歩合 (%)	1穂 小穂数 (個/穂)	1穂 粒数 (粒/穂)	m ² 当たり粒 数 (粒/m ²)	千粒重 (g)	容積重 (g/l)	子実 タンパク 質含有率 (%)
クロタラリア	慣行	659	115	463	75.7	17.5	39.7	18,381	38.6	813	11.2
クロタラリア	減肥	597	104	432	73.7	17.2	38.1	16,459	39.2	820	10.7
セスバニア	慣行	667	116	477	76.3	17.7	41.3	19,700	38.3	816	11.4
セスバニア	減肥	614	107	428	70.3	17.4	38.4	16,435	39.6	816	11.1
なし	慣行	574	100	430	68.7	17.4	37.5	16,125	39.5	819	10.6
なし	減肥	509	89	385	65.6	17.3	36.6	14,091	39.9	823	10.7

分散分析結果

前作の種類 (A)	**	-	*	-	ns	*	**	ns	ns	ns
施肥量 (B)	**	-	ns	-	ns	*	*	ns	ns	**
(A) × (B)	ns	-	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns

収量、千粒重は篩目2.2mm以上、水分12.5%換算。子実タンパク質含有率は水分13.5%換算。開花期追肥は全ての区に2024年4月14日にN6kg/10 aを硫酸で施用した。

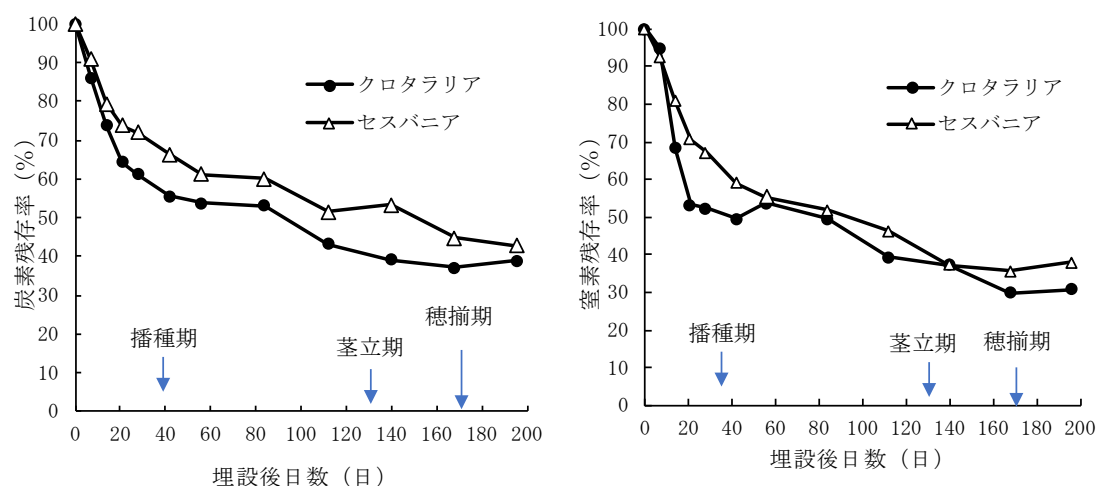


図3 緑肥埋設後の炭素含量および窒素含量の推移(2023年).

緑肥はすき込み日と同日の10月17日に埋設

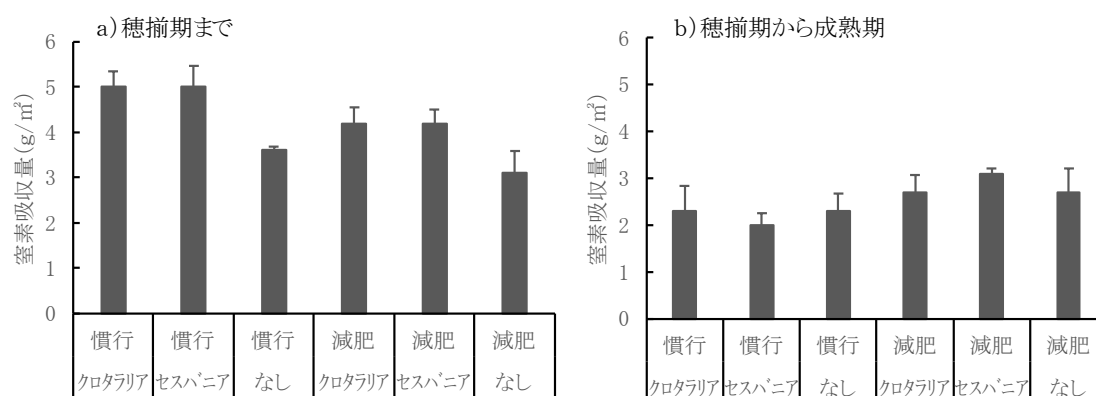


図4 前作および施肥量が小麦の時期別窒素吸収量に及ぼす影響(2023年)

エラーバーは標準誤差(n=3)を示す。

表4 小麦作における付前土壌の化学性

採土時期	前作	電気伝導度 (EC)	水素イオン濃度 (pH)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	無機N	T-C	腐植	T-N	C/N	陽イオン交換容量 (me)	交換性塩基(mg/100g)			塩基飽和度 (%)	可給態リン酸 (トルオーグ) (P ₂ O ₅ mg/100g)
		(dS/m)					(%)	(%)	(%)			CaO	MgO	K ₂ O		
すき込み前	クロタラリア	0.064	6.97	0.71	0.38	1.09	2.0	3.4	0.18	11.0	11.5	306	24.2	15.5	108	33.2
播種前	クロタラリア	0.128	7.02	1.31	2.08	3.39	1.9	3.2	0.17	10.9	11.3	313	31.2	23.7	117	33.6
	セスバニア	0.124	6.94	2.19	1.95	4.14	2.0	3.4	0.18	10.7	11.4	290	26.3	28.2	108	32.9
	なし	0.116	6.96	0.91	1.62	2.52	1.9	3.3	0.18	11.0	10.8	286	27.8	22.9	112	31.3

※採土：すき込み前10/16、播種前11/22

5. 経営評価

緑肥のすき込み速度はディスクティラーでは 7.2km/h、ロータリーでは 1.2km/h であった。ディスクティラーは 1 回のすき込み作業では緑肥のすき込みが不十分であったため、すき込みを 2 回行った。総すき込み時間はディスクティラーでは 0.63ha/h、ロータリーでは 0.22ha/h であった（表 5）。

10 a 当たり肥料費は前作なし・標肥区（対照区）に比べて、緑肥・減肥区では 4,239 円少なかった。一方、10 a 当たり種苗費は対照区に比べて、クロタラリアで 6,072 円、セスバニアで 9,020 円多く、10 a 当たり経営費はクロタラリアで 1,833 円、セスバニアで 4,781 円多かった。緑肥・減肥区では収量が多かったことから、収支は対照区に比べて前作緑肥区では 2,000～3,000 円多かった（表 6）。

表5 作業機と緑肥すき込み時間

作業機	理論 作業速度 (km/h)	作業機の 作業幅 (m)	理論 作業量 (ha/h)
ディスクティラー	7.2	1.75	0.63
ロータリー	1.2	1.80	0.22

理論作業速度は長さ94mの圃場において直進のみを行ったときの値。理論作業量はディスクティラーでは2回耕起、ロータリーでは1回耕起を行った値。

表6 経営試算

緑肥の種類	窒素 施肥量	経営費			販売価格 (円)	収 支 (円)	同左－ 対照区 (円/10a)
		種苗費 (円/10a)	肥料費 (円/10a)	計			
クロタラリア	減肥	6,072	4,595	10,667	112,753	102,086	2,492
セスバニア	減肥	9,020	4,595	13,615	115,974	102,359	2,765
作付なし(対照)	標肥	0	8,834	8,834	108,429	99,595	0

1) 種苗費は10a当たり播種量をクロタラリアで6kg、セスバニアで5kgで算出。クロタラリアでは種子代1,012円/kg、セスバニアでは種子代1,529円/kgと根粒菌275円/種子1kgとした。

2) 肥料費はコートトップ066号を標肥区で35kg、減肥区で18.2kgで算出した。

3) 販売価格は小麦の価格2,522円/60kg(民間流通麦協議会播種前契約価格)+交付金8,810円/60kg(1等Aランク)を基に算出した。

4) 労働時間は試算に計上しなかった。

6. 利用機械評価

ディスクティラーの作業速度は慣行のロータリーの約 6 倍であった。ただし、緑肥のすき込み程度がロータリーに比べて劣り、ディスクティラーでは 2 回の作業が必要であった。

また、残渣が多い条件下では、ディスク間に残渣が詰まり、その回転が阻害されることで、大量の土が一緒に引きずられることが観察された。

7. 成果の普及

なし。

8. 考察

(1) 前作なし区（休閒）の管理と緑肥の生育について

本試験では前作なし区に発生した雑草はすき込み等の管理は行わなかった。そのため、雑草の草高は8月下旬には50 cmを超え、その後、雑草は大きく繁茂した。一方、クロタリヤ（立ち枯れ症状なし部分）およびセスバニアを作付けた試験区では、雑草の生育が抑制されたことから、緑肥作物の作付けは休閒地の管理で問題となる雑草管理に有効であると考ええる。

クロタリヤは9月上旬以降、立ち枯れ症状による枯死が多発した。これは8月下旬に行った灌水の影響が大きいと推察される。次年度も引き続き、病害の発生および生育状況を確認する必要がある。

(2) 緑肥作物による小麦の減化学肥料栽培について

小麦の前作に緑肥作物としてクロタリヤあるいは、セスバニアを作付けすることで、施肥量を30%減肥しても慣行区並みの収量・子実タンパク質含有率が得られた（表3）。クロタリヤとセスバニア（以下、緑肥作物）は播種までに40～50%程度分解し、その後穂揃期にかけて徐々に分解が進むことが示された（図3）。播種直前の土壌中の無機態窒素は作付けなし区に比べて、緑肥作物を作付けした区では0.87～1.62mg/100 g増加していた（表4）。穂揃期における緑肥作物からの窒素の供給量は1.1～1.4 g/m²であり、窒素吸収量の26～28%を占めた（図4）。茎数には有意差はなかったものの、緑肥作物の分解により穂揃期にかけて窒素が供給されることで、草丈、SPAD値は緑肥作物区で高く推移した。特に、2月中旬以降の最高分げつ期から茎立期にかけて、緑肥作物区では3割減肥しても対照区（前作なし・標肥区）とほぼ同等のSPAD値で推移した。その結果、有効茎歩合が高く、穂数が多くなるとともに、1穂粒数、m²当たり粒数が対照区と差がなく、対照区と同等の収量が得られたと考えられる。これらのことから、小麦の前作にクロタリヤあるいは、セスバニアを作付けすることで、小麦栽培における窒素施肥量を3割削減しても、慣行施肥量と同等の収量、品質（子実タンパク質含有率）が得られることが明らかになった。

9. 問題点と次年度の計画

次年度も本年度と同様の設計で、マメ科緑肥作物のすき込みが小麦の生育、収量に及ぼす影響を調査する。ディスクティラーの緑肥のすき込み精度はロータリー比べて劣ったことから、次年度はディスクティラーでは作業速度を落としてすき込み精度を確認する。

10. 参考写真



図5 クロタラリアの立ち枯れ症状(9月7日)



図6 セスバニアの生育状況(9月7日)



図7 緑肥の刈り取り(10月17日)



図8 ディスクティラーによる緑肥のすき込み状況(10月17日)



図9 小麦播種の状況(11月24日)



図10 小麦の出芽状況(1月4日)