令和７年度終了　豆類振興事業助成金（試験研究）の成果概要

1　課題名　　能登大納言小豆における安定多収栽培管理技術の
　　開発と体系化

2　研究実施者

研究代表者　安達　直人　　石川県農林総合研究センター
　　農業試験場総合研究推進部能登農業復興研究室　室長
分担　　向井 吉崇　石川県農林総合研究センター農業試験場総合研究推進部
　　能登農業復興研究室　専門員

3　実施期間　令和５年度～7 年度（３年間）

4　試験研究の成果概要

（１）試験研究の目的

石川県奥能登地域の特産豆類である「能登大納言小豆」において、①安定多収栽培に向けたモリブデン資材施用効果の解明、②正規化植生指数（NDVI）を活用した生育診断技術の開発、③中耕培土の省力化を目的とした無培土狭畦密植栽培における倒伏軽減技術の検討を行った。

（２）実施計画、手法

１）安定多収栽培に向けたモリブデン資材施用効果の解明（R5～R7）

①　モリブデン資材の葉面散布が生育・収量に及ぼす影響の解明（R5）

7/26 播種の作型において、本葉 5 葉期（8/18）にモリブデン酸ナトリウム 0.3 g /L 単体（Mo 区）、モリブデン酸ナトリウム 0.3g/L＋PK 液肥 1,000 倍（MoP 区）を葉面散布し、生育、収量について調査した。

②　モリブデン資材の種子処理が生育・収量に及ぼす影響の解明（R6）

モリブデン富化種子（前年の生育中にモリブデン酸ナトリウムを葉面散布し採種した種子）、モリブデン塗抹種子（モリブデン酸ナトリウム 2.0g を小豆種子 1kg に対して塗抹）、慣行種子（モリブデン無処理）を 7/26 に播種し、生育、収量について調査した。

③　モリブデン塗抹種子栽培における適正施肥量の解明（R7）

基肥量を、無施肥、減肥（5 割減）、標準（2kgN／10a）、増肥（5 割増）に設定し、モリブデン塗抹種子を 7/15 に播種（8/21 摘芯）し、生育、収量について調査した。

２）正規化植生指数（NDVI）を活用した生育診断技術の開発（R5～R7）

①　正規化植生指数（NDVI）と各種生育指標との関係（R5、R6）

マルチスペクトルカメラを搭載したドローン空撮で得られた正規化植生指数（NDVI）と、生育及び SPAD 値、熟莢調査で得られた数値との相関関係について検討した。

②　ＮＤＶＩを活用した収穫適期の推測（R7）

マルチスペクトルカメラを搭載したドローンを用いてほ場全体の平均ＮＤＶＩを算出。同日に熟莢数を調査した。

３）中耕培土の省力化を目的とした無培土狭畦密植栽培における倒伏軽減技術の検討（R5～R6）

①　無培土狭畦密植栽培と摘芯処理による倒伏軽減効果の解明（R5）

7/25 播種の無培土狭畦密植栽培（条間 40cm、株間 10cm、1 本仕立）において、開花始め（9/5）に上位 2 節を摘心する処理を行い、摘心の有無が倒伏に及ぼす影響を、慣行栽培（

条間 80cm、株間 20cm、2 本仕立）と比較して検討した。

② 無培土狭畦密植栽培における倒伏軽減のための摘芯時期の検討（R6）

6/17 播種の無培土狭畦密植栽培（条間 40cm、株間 10cm、1 本仕立）において、主茎長 60cm で上位 3 節を摘芯する区（摘心①区）、開花始期に上位 3 節を摘芯する区（摘心②区）を設定し、倒伏に及ぼす影響を検討した。

（3）成果の概要

1）安定多収栽培に向けたモリブデン資材施用効果の解明（R5～R7）

① モリブデン資材の葉面散布が生育・収量に及ぼす影響の解明（R5）

モリブデン酸およびモリブデン酸＋リン酸の葉面散布では、無処理区と比較して莢数および子実重が低く、施用効果は認められなかった。（表 1、一部データ略）。

表 1 モリブデン酸等の葉面散布が収量に与える影響

試験区	子実重[z] (kg/10a)	莢数 (莢/㎡)	1株莢数 (莢/株)	1莢粒数 (粒/莢)	百粒重 (g/100粒)	大粒率[y] (%)	屑粒率[x] (%)
Mo	209.2	268.8	21.5	4.2	20.1	41.1	3.3
MoP	139.0	191.9	15.4	4.1	19.4	34.7	4.0
無処理	295.5	355.6	28.5	4.3	20.7	40.2	2.3

[z] 子実重は被害粒重を除き10a換算したもの [y] 大粒率は穀粒丸目フルイ6.7㎜以上の子実が全子実重に占める重量割合

[x] 屑粒率は穀粒丸目フルイ5.5㎜未満の子実が全子実重に占める重量割合

② モリブデン資材の種子処理が生育・収量に及ぼす影響の解明（R6）

成熟期の分枝数は、富化種子区および塗抹種子区で無処理区より多かった（データ略）。富化種子区の子実重は無処理区と同等であり、施用効果は認められなかった。一方、塗抹種子区では試験区内のばらつきが大きく有意差は認められなかったものの、子実重、百粒重および大粒率が高まる傾向がみられ、収量向上につながる可能性が示唆された（表 2、図 1）。これは、モリブデンが硝酸還元酵素や根粒菌のニトロゲナーゼの構成成分として窒素代謝に重要な役割を果たす必須微量元素であり（Kaiser ら, 2005；勝見, 2018）、小豆においても窒素代謝に関与しているためと考えられる。

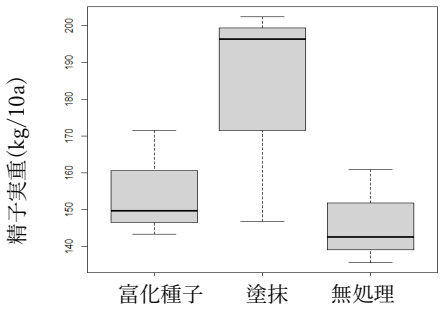


図 1 精子実重(kg/10a)箱ひげ図(n=3)

表 2 モリブデン富化種子、塗抹種子が収量に及ぼす影響

試験区	精子実重[z] (kg/10a)		莢数 (莢/㎡)	1株莢数 (莢/株)		1莢粒数 (粒/莢)	百粒重 (g/100粒)		大粒率[y] (%)	可販粒[x] (%)	被害粒等[w] (%)	屑粒[v] (%)
富化種子	155	a	200.4	16.0	a	3.8	24.4	a	81.6	84.2	14.6	1.2
塗抹	182	a	212.5	17.0	a	3.8	25.9	a	83.4	85.8	12.9	1.4
無処理	146	a	189.8	15.2	a	3.7	24.5	a	80.9	85.1	13.6	1.3

z 精子実重は被害粒等、屑粒を除き10a換算したもの y 大粒率は粗子実重に占める穀粒丸目篩6.7㎜以上の子実の割合

x 可販粒は粗子実重に占める精子実重の割合 w 被害粒等は粗子実重に占める病虫害、しわ、裂皮、発根等の割合

v 屑粒は粗子実重に占める穀粒丸目篩5.5㎜未満の子実の割合※アルファベットの異符号間に有意差あり(Tukey法、有意水準5%)

③　モリブデン塗抹種子栽培における適正施肥量の解明（R7）

令和 7 年産は開花期である 8 月下旬～9 月中旬まで最高気温が 30℃を超える日が続き（8/21～9/20 までに 16 日）不稔が多発した。モリブデン塗抹種子では、施肥量が多い区ほど不稔の発生率は高かった（表 3）。

表 3　不稔調査結果

区名	不稔調査（10/17）		
	開花節数	不稔節数	不稔発生率(%)
無施用区	10.7	4.0	38
減肥区	11.7	7.7	66
標準区	13.0	10.0	77
増肥区	12.7	11.7	92

大粒率は無施用区が最も高く、百粒重は標準区が最も重かったが、莢数や 1 莢粒数、収量は減肥区が最も多かった（表 4）。

以上のことから、モリブデン塗抹種子を用いた栽培では、基肥を標準施用量の 50%（1kgN/10a）に減肥することにより、開花期の高温条件下における不稔発生率が低減し、大粒率は平年値（82.8%）より低下するものの収量は向上する可能性が示された。

表 4　モリブデン塗抹種子による施肥量の違いが収量に及ぼす影響

区名	施肥量 (kgN/10a)	精子実重[z] (kg/10a)	莢数 (莢/㎡)	1莢粒数 (粒/莢)	大粒率[y] (%)	百粒重 (g/100粒)
無施用区	0	165.1	272	3.2	62.6	21.4
減肥区（5割減）	1	181.5	337	3.4	54.0	22.0
標準区	2	122.8	283	2.6	53.5	22.4
増肥区（5割増）	3	93.8	235	3.2	42.4	17.2

z 精子実重は被害粒等、屑粒を除き 10a 換算したもの

y 大粒率は粗子実重に占める穀粒丸目篩 6.7 ㎜以上の子実の割合

モリブデン塗抹：モリブデン酸ナトリウム 2.0g を小豆種子 1kg に塗抹

2）正規化植生指数（NDVI）を活用した生育診断技術の開発（R5～R7）

①　正規化植生指数（NDVI）と各種生育指標との関係（R5、R6）

6/18 播種の早期作型において、播種 1 ヶ月後から開花期までの草丈と NDVI 値は正の相関が認められた（図 2）。また 10/31 から収穫日までの期間において、熟莢率と NDVI 値の間には負の相関が認められた。このことから、NDVI 値は機械収穫適期の判定指標として活用できる可能性が示された。ほ場全体の熟莢率 80%を収穫開始の目安とすると、その時点の NDVI 値は 0.52 であった（図 3）。

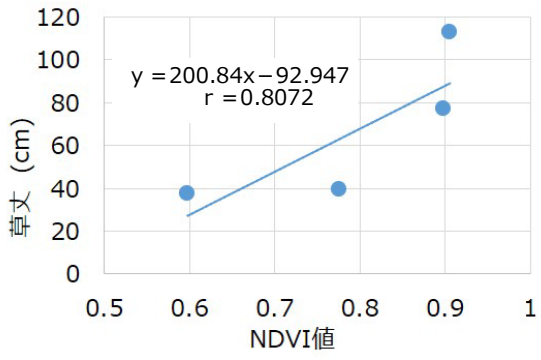


図 2　NDVI 値と草丈の相関

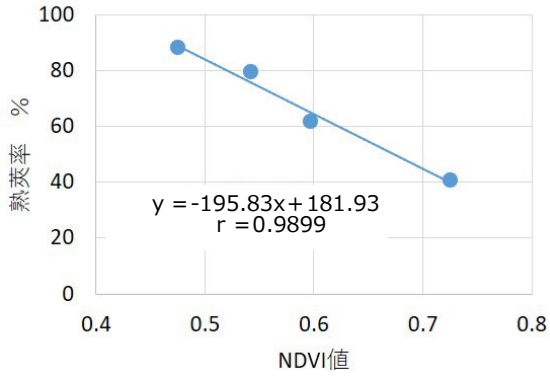


図 3　NDVI 値と熟莢率の相関

② ＮＤＶＩを活用した収穫適期の推測（Ｒ７）

7/9 播種の標準作型において、10/9～11/19 の NDVI と莢の熟莢率との間には R6 の早期作型と同様に負の相関が認められた（図４、５）。一方、収穫開始の目安である熟莢率 80%の NDVI 値は 0.65 となり、R6 の早期作型の NDVI 値よりも高くなった。このため、年次や作型等で収穫適期の NDVI 値は異なってくると考えられ、現状では NDVI 値から収穫適期を判定することは困難であるが、葉の黄化が始まる時期（10 月下旬～11 月上旬）に同じ作型の複数ほ場の NDVI 値を比較することで、ほ場ごとの登熟進度を把握でき、収穫順序の予測に活用できる可能性が示唆された。

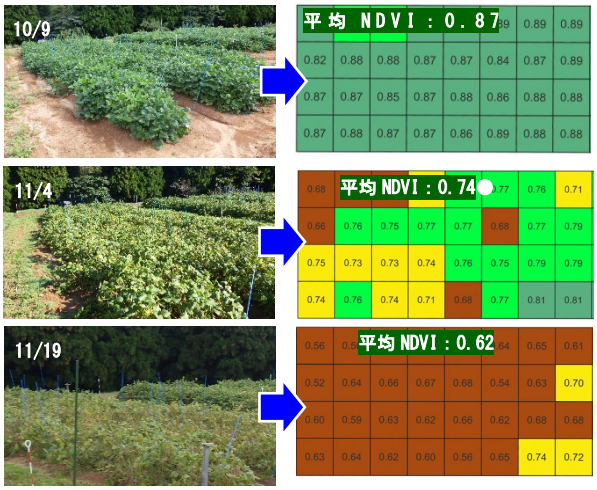


図４　空撮画像から算出した時期別 NDVI 値

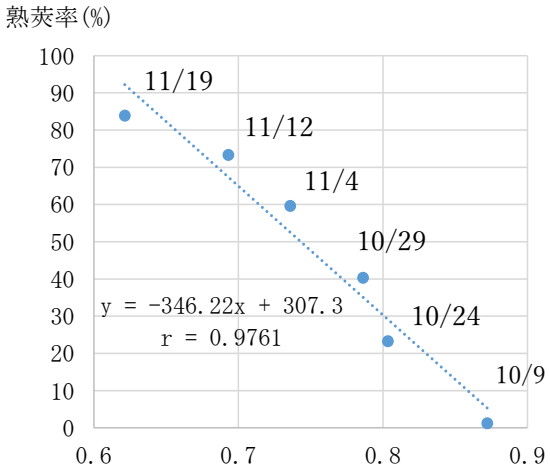


図５　ＮＤＶＩ値と熟莢率(日付は調査日)

3）中耕培土の省力化を目的とした無培土狭畦密植栽培における倒伏軽減技術の検討（R5～R6）

① 無培土狭畦密植栽培と摘芯処理による倒伏軽減効果の解明（R5）

標播作型における無培土狭畦密植栽培では、慣行栽培と比較して成熟期の倒伏が軽減された。さらに、開花始期に上位２節で摘芯を行うことで、無摘芯区と比較して倒伏が軽減された。子実重、百粒重は慣行栽培と同程度であった（表５、６）。

表５　無培土狭畦密植栽培が倒伏に及ぼす影響

区名	倒伏程度[z]	
	開花期（9/5）	成熟期（10/17）
摘心	0	0～2
無処理	0～4	1～4
慣行	0	4～4.5

[z] 0：無～微、1：少、2：中、3：大、4：甚、5：地面に接地の6段階

表６　標播作型の無培土狭畦密植栽培における摘芯が収量に及ぼす影響

区名	子実重[y] (kg/10a)	莢数 (莢/㎡)	1株莢数 (莢/株)	1莢粒数 (粒/莢)	百粒重 (g/100粒)	大粒率[x] (%)	屑粒率[w] (%)
摘芯	247	282.5	11.3	4.3	21.4	42.4	1.6
無処理	164	235.0	9.4	4.1	18.7	25.3	4.9
慣行	238	307.5	24.6	4.3	20.6	42.1	2.3

[z] 早播と晩播は2012～2022、標種は2009～2022の平均値　[y] 子実重は被害粒重を除き10a換算したもの

[x] 大粒率は穀粒丸目篩6.7㎜以上の子実が全子実重に占める重量割合

[w] 屑粒率は穀粒丸目篩5.5㎜未満の子実が全子実重に占める重量割合

これらのことから、標播作型における無培土狭畦密植栽培における開花始期の摘芯は、倒伏軽減に有効であると考えられた。

② 無培土狭畦密植栽培における倒伏軽減のための摘芯時期の検討（R6）

令和 6 年度は栽培期間を通じて平均気温が高く、特に 7 月および 9 月の降雨量が多かった（表 7）。その影響により、摘心①区では摘心後に分枝が徒長して倒伏し、摘心②区では開花直前に倒伏したため摘心処理を実施できなかった。成熟期の倒伏程度は、摘心①区および無処理区ともに 5.0（地面に接地）であり、摘心による倒伏軽減効果は認められなかった（表 8）。

これらのことから、早播作型の無培土狭畦密植栽培では、生育期間が長いことから主茎および分枝の生長が旺盛となり、摘心適期の判断が難しいと考えられた。また、摘心後も分枝の伸長による倒伏が発生したことから、摘心処理による安定した倒伏軽減効果は期待し難く、導入には課題があると考えられた。

表 7　生育期間中の収量

月	平均気温℃	平年差	日照時間 h	平年比	降水量mm	平年比
6	20.8	1.5	7.5	137	2.9	58
7	25.1	1.6	4.8	94	10.6	164
8	26.3	1.5	6.1	93	2.0	34
9	24.0	3.0	5.7	111	12.2	192
10	17.5	2.0	4.6	89	7.4	147

※データ：農研機構メッシュ農業気象データシステム（能登町瑞穂）

表 8　無培土狭畦密植栽培における摘芯が倒伏に及ぼす影響

区名	処理	倒伏程度[z]	
		開花期(9/5)	成熟期(11/1)
摘芯①	上位3節を摘芯	3.4	5.0
無処理	摘芯無	3.9	5.0

z 0：無～微、1：少、2：中、3：大、4：甚、5：地面に接地の6段階

（4）今後の課題

① モリブデン塗抹種子栽培における子実の肥大不足についてはさらに検討する必要がある。

② 収穫適期の NDVI 値は、年次や作型で異なると考えられ、収穫適期の推定には更なるデータの蓄積が必要である。

③ 早播作型の無培土狭畦密植栽培は、播種時期や栽植密度の見直しなど、摘心以外の対策を含めた倒伏軽減技術の検討が必要である。

（5）成果の波及効果

モリブデン塗抹種子栽培の普及により、能登大納言小豆における高温条件下での不稔発生の軽減と収量の安定化が期待される。

また、NDVI を活用した登熟進度の把握により、効率的な収穫計画の策定が可能となり、作業の効率化に寄与することが期待される。

（6）論文、特許等

1）石川県農林水産研究成果集報　第 28 号（令和 7 年度）

「ドローンを活用した能登大納言小豆ほ場の収穫順序の予測」