

令和7年度豆類調査研究助成事業成果概要

1 調査研究課題名

作物モデルを用いた小豆および菜豆における作期の推定 (R5-R7)

2 調査研究組織名・研究者名

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 十勝農業試験場

研究部 豆類畑作グループ 研究主任 佐藤 博一

(現・上川農業試験場 研究部 水稲畑作グループ 研究主任)

3 調査研究の目的

- (1) 北海道は、全国の作付面積のうち、小豆で82%、菜豆（いんげんまめ）で93%を占める（農林水産統計、農林水産省大臣官房統計部 (R4)）。小豆および菜豆では、播種が早すぎると低温や霜で出芽不良や枯死が発生し、播種が遅すぎると、成熟期に達しないため、地域に適応した品種やその作期に対する農業関係者の関心は高い。
- (2) 北海道では「北海道における豆類地帯別栽培指針 (H6指導参考事項)」において、6-9月の積算温度と無霜期間から、豆類の品種ごとの適地を示したが、この指針は策定から25年以上が経過している。また、近年の研究成果は対象となる地域や品種が限られるため、北海道全域における小豆および菜豆の様々な品種に対応した研究成果が求められている。
- (3) このため、小豆および菜豆の品種ごとに、播種期が生育に与える影響を解析し、栽培可能期間（播種期の早限から成熟期の晩限まで）を推定するとともに、発育に関する作物モデルを作成する。これらを用いて、北海道において低温や霜を避けるための作期や秋まき小麦の前作となる作期を1kmメッシュで示し、高品質な道産雑豆の安定供給に資する。

4 調査研究の方法

- (1) 播種期が生育に与える影響の解析
小豆「きたろまん」、「エリモ 167」、「とよみ大納言」、菜豆「雪手亡」、「大正金時」、「福勝」について、播種期を3水準（標準播（5月下旬）、晩播（6月上旬）、極晩播（6月中旬））とし、生育、収量および品質を調査するとともに、播種期が生育および収量に与える影響を解析した。
- (2) 栽培可能期間の推定および発育に関する作物モデルの作成
小豆「きたろまん」、「エリモ 167」、「とよみ大納言」、菜豆「雪手亡」、「大正金時」、「福勝」について、栽培可能期間を推定するとともに、発育に関する作物モデルを播種期～出芽期、出芽期～開花期、開花期～成熟期に分けて作成した。
- (3) 作物モデルを用いた作期の推定
小豆「きたろまん」、「エリモ 167」、「とよみ大納言」、菜豆「雪手亡」、「大正金時」、「福勝」について、推定した栽培可能期間や作成した作物モデルを用いて、後作を考慮しない低温や霜を避けるための作期および秋まき小麦の前作とするため、安定的に9月上旬までに成熟期を迎えるための作期を1kmメッシュで示した。

5 調査研究の結果及び考察

- (1) 播種期が生育に与える影響の解析
小豆については、十勝農試 (R5-R7 年度の平均) では、播種期によって子実重に大

きな差がなかった。極晩播では、色浅未熟粒などで屑粒率が高かった。そのため、直近の気象での播種適期は、いずれの品種も5月下旬-6月上旬と考えられた。

北見農試(R6-R7年度の平均)では、播種期が早いほど子実重が大きかった。「きたろまん」および「エリモ167」については、標準播および晩播については十分な子実重であったと考えられた。「とよみ大納言」については、晩播種で「きたろまん」および「エリモ167」に比べて成熟期が5-6日遅かった。また、晩播は標準播に比べて子実重が10%以上小さかった。R5年度については、極晩播では品種に関わらず成熟期に未達となった。そのため、直近の気象での播種適期は、いずれの品種も5月下旬で、「きたろまん」および「エリモ167」については、6月上旬播種でも十分な子実重が見込まれると考えられた。

表1-1 小豆の生育、収量および品質(累年平均、十勝農試：R5-R7、北見農試：R6-R7)

試験場所	播種期	品種名	播種期	出芽期	開花期	成熟期	倒伏程度	残葉程度	主茎長(cm)	主茎節数
			(月日)							
十勝農試	標準播	きたろまん	5.24	6.9	7.17	9.7	2.9	2.2	80	17.5
		エリモ167	5.24	6.9	7.17	9.6	2.9	2.3	73	18.1
		とよみ大納言	5.24	6.10	7.19	9.10	3.2	2.8	79	15.4
	晩播	きたろまん	6.7	6.18	7.22	9.11	2.8	2.6	88	18.1
		エリモ167	6.7	6.27	7.23	9.11	3.0	2.3	77	18.6
		とよみ大納言	6.7	6.18	7.24	9.12	2.8	2.9	81	15.4
	極晩播	きたろまん	6.19	6.30	8.4	9.26	3.2	2.7	97	16.9
		エリモ167	6.19	6.30	8.4	9.23	3.2	2.4	79	17.5
		とよみ大納言	6.19	7.1	8.5	10.2	3.7	2.7	84	14.6
北見農試	標準播	きたろまん	5.21	6.11	7.20	9.12	3.0	2.9	114	17.2
		エリモ167	5.21	6.11	7.21	9.12	3.0	3.0	89	17.0
		とよみ大納言	5.21	6.12	7.21	9.15	3.2	3.5	104	14.3
	晩播	きたろまん	6.3	6.17	7.27	9.16	3.5	2.4	115	16.7
		エリモ167	6.3	6.18	7.27	9.15	3.4	2.5	86	16.3
		とよみ大納言	6.3	6.18	7.27	9.21	3.2	3.0	110	14.3
	極晩播	きたろまん	6.18	7.2	8.7	10.4	3.5	1.7	98	16.1
		エリモ167	6.18	7.3	8.6	10.2	3.4	1.5	78	15.8
		とよみ大納言	6.18	7.3	8.8	10.8	3.2	2.7	81	13.0

試験場所	播種期	品種名	分枝数	着莢数	地上10cm	一莢内	総重	子実重	百粒重	屑粒率
			(/株)	(/株)	莢率(%)	粒数				
十勝農試	標準播	きたろまん	2.9	52.8	8.1	6.15	628	335	14.5	4.3
		エリモ167	3.9	59.2	8.4	6.02	615	324	12.1	4.6
		とよみ大納言	5.1	41.9	7.4	4.81	636	326	21.3	7.1
	晩播	きたろまん	2.8	50.8	5.8	6.35	638	338	14.2	4.8
		エリモ167	4.0	58.2	5.5	6.16	605	313	12.1	5.6
		とよみ大納言	5.3	39.8	6.0	4.77	650	319	21.4	7.8
	極晩播	きたろまん	3.0	50.7	7.7	6.13	632	353	16.3	11.5
		エリモ167	4.2	56.3	7.1	6.14	555	315	13.8	6.3
		とよみ大納言	6.0	38.8	6.2	4.74	611	311	24.8	11.5
北見農試	標準播	きたろまん	2.8	59.1	4.8		850	505	16.4	5.0
		エリモ167	4.1	74.0	7.2		765	445	13.9	4.9
		とよみ大納言	5.1	55.7	6.8		814	462	24.9	7.5
	晩播	きたろまん	3.4	59.1	6.4		799	472	17.1	2.9
		エリモ167	3.9	67.0	7.8		697	410	14.4	3.9
		とよみ大納言	4.2	44.4	8.3		721	416	25.6	7.8
	極晩播	きたろまん	3.1	37.3	8.5		716	405	18.3	12.9
		エリモ167	3.8	45.7	14.4		605	363	16.6	9.9
		とよみ大納言	4.7	32.0	11.5		667	367	28.1	16.4

注1) 倒伏程度および残葉程度：0(無)～4(甚)

注2) 屑粒における篩下：普通小豆：4.2mm、大納言小豆：5.5mm、いずれも丸目篩

注3) 北見農試における極晩播「とよみ大納言」の成熟期は、R7が未達のためn=1

菜豆については、十勝農試（R6-R7年度の平均）では、播種期が遅いほど倒伏が増加したものの、子実重や百粒重が多かった。8月中に成熟期となる標準播や「大正金時」の晩播で、変質や変色などの屑粒率が高かった。

直近の気象における、9月上旬までに成熟期を迎えるための播種期は、「雪手亡」および「福勝」では5月下旬、「大正金時」では5月下旬-6月上旬と考えられた。ただし、8月中に成熟期を迎えると、変質粒（発芽・腐敗）や変色粒（着色・色流れ）が多いため、「舞てぼう」や「秋晴れ」のように農業特性が改良された品種を作付することが望ましいと推察された。

直近の気象における、後作を考慮しない場合の播種適期は、「雪手亡」および「福勝」では6月上旬-6月中旬、「大正金時」では6月中旬と考えられた。

北見農試（R6-R7年度の平均）では、「雪手亡」の子実重、百粒重および屑粒率は、標準播と晩播では大きく変わらなかった。「大正金時」および「福勝」については、播種期が遅いほど、子実重が大きかった。R7年度の「雪手亡」および「福勝」の極晩播については、成熟期に未達であった。

直近の気象における、9月上旬までに成熟期を迎えるための播種期は、「大正金時」5月下旬-6月上旬、「福勝」では5月下旬と考えられた。ただし、金時類では、8月中に成熟期を迎えると、変質粒（発芽・腐敗）や変色粒（色流れ）が多いため、「秋晴れ」のように農業特性が改良された品種を作付することが望ましいと推察された。

直近の気象における、後作を考慮しない場合の播種適期は、「雪手亡」および「福勝」では6月上旬、「大正金時」では6月中旬と考えられた。

表1-2 菜豆の生育、収量および品質（累年平均、R6-R7）

試験 場所	播種 期	品種名	播種	出芽	開花	成熟	倒伏	残葉	草丈 (cm)	着莢 数 (/株)	一莢 内 粒数	総重 (kg/10a)	子実 重 (g)	百粒 重 (g)	屑粒 率 (%)
			期	期	期	期	程度	程度							
十勝 農試	標準 播	雪手亡	5.28	6.8	7.12	8.31	1.0	2.5	53	25.4	3.51	563	221	27.1	66.0
		大正金時	5.28	6.10	7.5	8.20	0.0	3.0	39	29.9	2.29	423	144	52.9	77.2
		福勝	5.28	6.10	7.8	8.30	0.0	3.0	42	17.4	2.32	462	152	64.7	71.4
	晩播	雪手亡	6.8	6.16	7.20	9.22	2.5	2.5	52	26.2	3.20	788	421	33.3	17.5
		大正金時	6.8	6.17	7.14	8.31	0.0	3.0	40	34.1	2.12	538	172	57.7	80.4
		福勝	6.8	6.17	7.16	9.13	0.5	2.5	50	23.7	2.21	656	275	81.1	52.1
	極晩 播	雪手亡	6.19	6.28	8.3	10.6	3.0	2.0	50	29.3	3.78	827	451	33.5	13.3
		大正金時	6.19	6.29	7.26	9.23	2.5	2.5	49	37.1	2.19	637	255	70.6	28.9
		福勝	6.19	6.29	7.30	9.28	2.5	3.0	55	22.8	2.22	774	352	92.2	24.7
北見 農試	標準 播	雪手亡	5.21	6.7	7.12	9.4	3.0	3.5	55	36.1	4.57	756	448	33.1	18.1
		大正金時	5.21	6.9	7.5	8.21	1.1	3.5	43	18.8	2.47	525	210	57.3	33.4
		福勝	5.21	6.9	7.7	8.29	1.7	3.5	47	20.7	2.65	636	282	73.6	33.7
	晩播	雪手亡	6.3	6.14	7.18	9.11	3.0	3.0	66	38.4	4.40	805	464	34.0	15.5
		大正金時	6.3	6.15	7.10	8.29	3.0	4.0	47	20.4	2.63	608	240	57.2	55.8
		福勝	6.3	6.16	7.13	9.10	3.2	3.5	55	16.1	2.53	702	277	78.4	25.7
	極晩 播	雪手亡	6.18	7.2	8.5	10.16	2.9	2.9	61	26.9	4.68	879	465	35.9	25.5
		大正金時	6.18	7.1	7.25	9.23	3.0	3.4	55	20.8	2.56	664	289	71.0	24.2
		福勝	6.18	7.2	8.2	9.29	3.0	3.0	61	17.4	2.55	729	352	92.0	27.2

注1) 倒伏程度および残葉程度：0(無)～4(甚)

注2) 屑粒における篩下：手亡：6.1mm、金時：7.9mm、いずれも丸目篩

注3) 北見農試における極晩播「雪手亡」、「福勝」の成熟期は、R7が未達のためn=1

以上の結果から、直近の気象（R5-R7年度）における播種適期について、以下のとおり整理した。

表1-3 直近の気象（R5-R7年度）における播種適期

試験場所	作物名	品種名	5月下旬	6月上旬	6月中旬
十勝農試	小豆	きたろまん	○	○	
		エリモ167	○	○	
		とよみ大納言	○	○	
	菜豆	雪手亡	☆	○	○
		大正金時	☆	☆	○
		福勝	☆	○	○
北見農試	小豆	きたろまん	○	□	
		エリモ167	○	□	
		とよみ大納言	○		
	菜豆	雪手亡	☆	○	
		大正金時	☆	☆	○
		福勝	☆	○	

注1) 各播種適期は、以下のとおり

☆：後作を秋まき小麦とする場合（9月上旬までに成熟期を迎える）

○：後作を考慮しない場合

□：後作を考慮しない場合（○より子実重がやや劣る傾向にある）

注2) 適期と考えられる時期に播種した場合でも、

以下のような可能性などがあることに留意する。

①成熟期の遅延

- ・播種期～出芽期の干ばつまたは大雨によるクラストの発生
- ・高温による落花および落莢
- ・子実肥大期～成熟期の過湿

②子実重の不足

- ・高温による、生育期間の短縮
- ・干ばつによる生育の抑制

③屑粒率の増加

- ・成熟期前後の大雨

(2) 栽培可能期間の推定および発育に関する作物モデルの作成

栽培可能期間の推定については、無霜期間は、最低気温が1.5℃以上となる期間と概ね一致した。そのため、若干の気温に余裕を持たせて、最低気温が2.0℃以上となる期間を小豆および菜豆の栽培可能期間とした。

2020年平年値を用いる場合は、栽培可能期間を平均気温が11.0℃以上となる期間とすると、十勝農試（芽室アメダス）で早限が5/16、晩限が10/8、北見農試（境野アメダス）で早限が5/19、晩限が10/5となり、概ね妥当であると考えられた。

作物モデルの作成については、気象要素を変数とし、発育速度を積算した発育ステージ（Development Stage, DVS）を用いる作物モデル（堀江・中川、1990）を作成した。

作物モデルの作成には、2001年～2022年の中央・上川・道南・十勝・北見農試における、優良品種決定基本調査および作況調査のデータを使用した。「エリモ167」については、優良品種決定基本調査を開始する以前については、「エリモショウズ」のデータを使用した。

播種期～出芽期については、乾燥やクラストの影響と考えられる、出芽期に達する日数が長いデータを除いた。開花期～成熟期については、高温乾燥の影響で落花および落莢、あるいは過湿の影響と考えられる成熟期に達する日数が長いデータを除いた。また、「とよみ大納言」については、成熟期に達していないデータを除いて解析した。気象データについては、農研機構メッシュ農業気象データ（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO）を用いた。

播種期：0、出芽期：1、開花期：2、成熟期：3とし、播種期～出芽期および開花期～成熟期については積算温度の式、出芽期～開花期については「水稻の発育ステージ

および不稔歩合の推定法」(中央農試・上川農試、1997)の式とした(表2-1)。パラメータを最適化し、作物モデルのパラメータを決定すると、播種期～出芽期、出芽期～開花期についてはRMSEが3.0以下であった。開花期～成熟期については、RMSEが3.2～6.2であるが、実用上の大きな問題にならないと考えられた。

表2-1 作物モデルの式

発育段階 (Development Stage, DVS)	発育速度 (Development Rate, DVR)
播種期～出芽期 (0<=DVS<1)	0<=DVS<1: $DVR=\max(T-Tb1, 0)/Tsum1$
出芽期～開花期 (1<=DVS<2)	1<=DVS<2: $DVR=1/(1+\exp(-A*(T-Th)))/G$
開花期～成熟期 (2<=DVS<3)	2<=DVS<3: $DVR=\max(T-Tb2, 0)/Tsum2$

(3) 作物モデルを用いた作期の推定

小豆「きたろまん」、「エリモ 167」、「とよみ大納言」、菜豆「雪手亡」、「大正金時」、「福勝」について、推定した栽培可能期間や作成した作物モデルを用いて、後作を考慮しない低温や霜を避けるための作期および秋まき小麦の前作とするため、安定的に9月上旬までに成熟期を迎えるための作期を1kmメッシュで示した。

気象データについては、農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)の2020年平年値を用いた。栽培可能期間については、平均気温が11.0°C以上となる期間とした。図は、「国土数値情報(土地利用3次メッシュデータおよび行政区域データ)」(国土交通省)

<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-a-2021.html> および

<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-2021.html>

を加工して作成した。

播種期の早限は、道央・道南に加えて、オホーツク・十勝・道北の内陸部で早く、成熟期の晩限は、道央の一部や道南に加えて、沿岸部で比較的遅かった。

小豆「エリモ 167」については、オホーツク・十勝の多くで5月中に播種する必要があった(図3-1)。秋まき小麦を9月下旬に播種できるのは道央・道南の一部に限られると考えられた。

菜豆「大正金時」については、北海道のほとんどで作付できると考えられた(図3-3)。また、現在の水稻・畑作地帯のほとんどで秋まき小麦を9月下旬に播種できると考えられた。

今回の試験研究で、北海道において小豆および菜豆の主要な品種の播種早限および播種晩限を1kmメッシュで示せるようにした。なお、晩限については、低温や霜を避けるための晩限に加えて、秋まき小麦の前作となるように、9月10日、9月20日、低温や霜を避けるための晩限の3週間前など、各種の推定できる。

また、本試験で使用していない品種についても、発育などが近い品種で読み替えることや、品種比較試験を実施した際の生育日数の差などで補正することで、利用できると考えられる。例えば、小豆「きたいろは」は「きたろまん」と、菜豆「秋晴れ」は「大正金時」と概ね発育が同様であることから、簡易な推定にあたっては、「きたいろは」は「きたろまん」、「秋晴れ」は「大正金時」のデータを利用することができると推察される。

(5) 成果のまとめ

小豆および菜豆の品種ごとに、播種期が生育に与える影響を解析し、栽培可能期間を推定するとともに、発育に関する作物モデルを作成した。これらを用いて、北海道において低温や霜を避けるための作期や秋まき小麦の前作となる作期を1kmメッシュで示せるようにした。