

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05591

研究課題名(和文) ゲノム改良非依存の耐湿性ダイズ種子の生産：種子の登熟環境と耐湿性

研究課題名(英文) Pre-germination flooding tolerant soybean seed production being independent of genome editing method - relation between the seed-filling environment and pre-germination flooding tolerance -

研究代表者

中嶋 孝幸 (Nakajima, Takayuki)

東北大学・農学研究科・助教

研究者番号：80241553

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、同一品種内における登熟期のダイズ種子の耐湿性獲得要因の探求により、耐湿性種子の割合を高く採種することを目指した。栽培実験によるほとんどの登熟環境の差異は粒重を介し耐湿性種子の割合に影響した。粒重を介さずに耐湿性種子の割合に影響したのは、粒重への影響がみられない程度の登熟期の群落光量の差異と7月播種の着粒位置の差異であった。耐湿性ダイズ種子の生産には、適切な粒重の選別に加え、適度な群落内光量の増加処理、群落上部からの採種、7月播種が有効である可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダイズ播種前後の降雨による出芽不良はダイズの安定生産のために解決すべき課題である。これまでの耕種的改良に加え耐湿性種子を用いることにより、在来品種をゲノム改良することなく出芽不良を抑制できる。出芽不良の多い圃場では栽培管理の労力が大きく、本研究の成果は省力、安定栽培につながり社会的意義がある。ダイズ種子耐湿性のメカニズムの研究の多くは品種間比較により行われている。同一品種内の耐湿性種子と感受性種子を分けて採種することができれば、種子耐湿性のメカニズムの解明をさらに発展させることができる。本研究の成果により耐湿性種子の割合を高め得ることが示され学術的に意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to increase the percentage of pre-germination flooding tolerant seeds by investigating the factors that contributed to pre-germination flooding tolerance acquisition of soybean seeds during seed-filling period. The differences in the seed-filling environment affected the percentage of pre-germination flooding tolerant seeds through the factor of final seed weight in most of our cultivation experiments. In some cultivation experiments, it was affected by additional factors that were sowing date, pod-set position in the plant, and moderate light intensity within the canopy. For the production of pre-germination flooding tolerant soybean seeds, it was suggested that sowing in July, moderate increase in light intensity within the canopy during seed-filling period, and seed collection from the upper position of the plant were effective in addition to selection of appropriate final seed weight.

研究分野：作物学

キーワード：ダイズ 種子 種子耐湿性 登熟環境 粒重 着粒位置 播種期

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ダイズ播種後の湿害回避はダイズ生産における重要な課題である。これまでに多くの研究者により、耐湿性の品種間差や耐湿性品種の種子の構造、耐湿性遺伝子の探索など様々な研究が行われてきた。また耕種の改良として、種子の調湿技術や複数の播種法、地下水水位制御システムの利用などが提案されてきた。種子耐湿性に近い形質として種子活力があり、品種内の着粒位置との関係について報告されている。しかしこれは人工気象室を用いたポット実験による結果であり、ダイズの成長や登熟は圃場栽培とは異なる。圃場栽培したダイズ品種内について着粒位置や種子の形質と種子耐湿性との関係はほとんど報告がない。栽培品種の種子耐湿性は 0~100%の間の中間的な数値を示すことが多い。このことは遺伝的に同質な品種内で耐湿性を示す種子と感受性を示す種子の両方が存在することを表している。しかしこの差異を生む要因についてまだ明らかとなっていない。

2. 研究の目的

遺伝的な改良を行わずに耐湿性の高い種子を生産することを目標にしている。本研究では種子の耐湿性獲得は子実肥大期の環境に影響されると考え、種子の個別調査により個体内の着粒位置や粒重と種子耐湿性との関係を明らかにすることを目的とした。

(1) 圃場内位置と種子耐湿性

同一圃場同一品種内の種子耐湿性の変動について調査し、着粒位置や粒重などの種子の形質と種子耐湿性との関係を明らかにすることを目的とした。

(2) 登熟期のソース/シンク比と種子耐湿性

群落内の着粒環境として光環境、特に光合成産物の需給に着目した。この実験では光合成産物の需給をソース/シンク比の増減処理により代替し、子実肥大初期のソース/シンク比の増減処理が種子耐湿性に与える影響を検討した。

(3) 登熟期の光環境と種子耐湿性

群落内の光環境として光合成産物の供給以外の影響について検討した。子実肥大初期に間引処理や剪葉処理により群落内の光量を増加させ、光環境の異なる各処理と種子耐湿性との関係を明らかにすることを目的とした。

(4) 異なる登熟期と種子耐湿性

登熟期の異なる気象環境が種子耐湿性に与える影響について検討した。本研究ではこれまで同一の登熟期について各処理が種子耐湿性に与える影響を検討してきた。ここでは登熟期の気温、降水量などの気象条件の差異と種子耐湿性について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

栽培方法：供試品種としてエンレイを用い、汚れや傷等の無い種子を選別し、殺虫殺菌種子処理剤で種子コーティングした。1株2粒播種し、第1複葉展開後間引いて1株1本とした。全量を基肥として大豆化成550を35kg/10a全層施肥し、慣行の大豆栽培暦に準じ、中耕培土、農薬散布などを行った。同一圃場内で(1)~(4)の栽培と処理を行った。栽培したダイズの完熟期に植物体ごとサンプリングし、風乾して種子含水率を10%とした。

種子の調査及び冠水発芽実験：本研究では、サンプリングした種子をまとめて行う従来の冠水発芽実験とは異なり、個別の種子について実験を行った。病虫害粒を除いた各種子について、着粒位置、粒重、種子外観を記録し、冠水発芽実験を行い種子耐湿性を判定した。冠水発芽実験では種子消毒後、25℃暗条件で3日間冠水処理し、その後、25℃暗条件の好適水分条件下で7日間静置した。子葉が残存し側根や根毛の出現した種子を耐湿性種子とし、その割合を種子耐湿性の指標として用いた。

(1) 圃場内位置と種子耐湿性

6月上旬に播種し、畝間80cm、株間10cmの標準的な栽植密度で栽培した。群落内の個体(群落対照区)に加え、ボーダー効果のある群落周辺の個体(群落周辺区)を調査対象にした。着莢節位ごとに上部、中部、下部と3つに分け、さらに主茎と分枝についても区別して解析した。

(2) 登熟期のソース/シンク比と種子耐湿性

6月上旬に播種し、畝間80cm、株間10cmで栽培した。子実肥大初期にソース/シンク比を増減させる処理を行った。ソース/シンク比を増加させる処理として摘莢処理、ソース/シンク比を減少させる処理として剪葉処理を行った。摘莢処理では各節に着莢した最基部の莢のみ残し1節1莢とする処理を行い、剪葉処理では全ての複葉に対し側小葉を切除し頂小葉のみとした。1畝の中で摘莢処理個体、剪葉処理個体、無処理個体の順に繰り返し配置し、処理による群落内の環境変化の処理間差を小さくした。

(3) 登熟期の光環境と種子耐湿性

6月上旬に播種し、畝間80cm、株間10cmの標準的な栽植密度(標植)と畝間40cm、株間10cmとした2倍の栽植密度(密植)で栽培した。登熟期の光環境を変更する処理として、子実肥大初期に1個体置きに個体切除した個体間引処理、調査畝の両脇の畝の個体を全て切除した畝間引

処理，畝間引処理にさらに個体間引処理を行った畝間引個体間引処理，片側の隣接個体を剪葉処理した隣接個体剪葉処理を行った。

(4)異なる登熟期と種子耐湿性

異なる登熟期を得るために6月上旬に加え7月上旬に播種した。畝間80cm，株間10cmで栽培した。

4. 研究成果

(1)圃場内位置と種子耐湿性

群落周辺区では粒数が増加し粒重が減少し種子耐湿性が上昇した。粒重と種子耐湿性との関係を調べるために，粒重を20mgの階級とし粒重の階級値と種子耐湿性を解析した。その結果，粒重が400mgを超えると種子耐湿性が急激に低下することが示された。さらに，着莢節位も考慮した圃場内位置別に平均粒重と種子耐湿性を算出しプロットしたところ，300-330mg付近が最大となる二次関数に近似できた。供試品種のエンレイの品種特性として粒重は311mgと報告されている。品種特性粒重付近で種子耐湿性が最も高くなる可能性がある。着莢節位のうち主茎中位節着莢粒の一部と主茎上位節分枝着莢粒では近似した二次曲線より高い種子耐湿性を示したことから，粒重とは別に種子耐湿性を高める要因の存在が示唆された。

(2)登熟期のソース/シンク比と種子耐湿性

種子耐湿性が粒重の影響を受ける可能性が示唆されたことから，種子耐湿性に登熟期の光合成産物の量が影響を与える可能性を考えた。そこで登熟期の摘莢処理と剪葉処理によるソース/シンク比の増減が種子耐湿性に与える影響を調査した。その結果，摘莢処理により粒重が増加し種子耐湿性が低下した。剪葉処理では粒重が減少し種子耐湿性が上昇した。いずれの処理区でも粒重の増加に伴い種子耐湿性が低下し，すべての処理区の種子耐湿性と粒重との関係はほとんど同一線上であった。ソース/シンク比の増減処理は主に粒重を介して種子耐湿性に影響することが示された。

(3)登熟期の光環境と種子耐湿性

圃場内の着粒位置で比較したとき種子耐湿性には粒重を介する影響と粒重を介さない影響が示唆された。粒重を介さない影響が示唆された部位は群落上部に位置していた。登熟期のソース/シンク比の増減処理は粒重を介して種子耐湿性を高めた。そこで群落内の光環境が光合成量とは別に種子耐湿性に与える影響について調査した。異なる栽植密度，間引処理，剪葉処理により群落内の光環境が異なる処理区を設けた。その結果，対照区より種子耐湿性が有意に高くなった処理区は，標植畝間引区，隣接個体剪葉区，密植個体間引区，密植畝間引区であり，有意に低くなった処理区は密植群落対照区であった。それぞれについて粒重と種子耐湿性との関係を解析したところ標植畝間引区と標植群落対照区ではほぼ同一線上の負の関係であった。畝間引処理により粒重が減少したことから，種子耐湿性の上昇は主に粒重の減少の影響によることが示された。隣接個体剪葉区，密植個体間引区，密植畝間引区では種子耐湿性と粒重との負の関係が対照区より平行的に上昇し，密植群落対照区では負の関係が対照区より平行的に下降した。各処理区内では種子耐湿性が粒重の影響を受けたが，処理による種子耐湿性への影響には粒重を介さない別の要因による影響を受けた可能性が示された。密植個体間引区，密植畝間引区については，標植群落対照区と種子耐湿性に差がなかった。密植群落対照区における密植による種子耐湿性の低下により，密植個体間引区，密植畝間引区では相対的に種子耐湿性が上昇した結果であり，間引き処理が密植における低下要因を緩和したと考えた。隣接個体剪葉区では隣接個体の剪葉による群落内の光量の増加が粒重を増加させず種子耐湿性を上昇させた。種子耐湿性への粒重を介さない影響として，粒重が増加しない程度の群落内の光量の増加による影響が示唆された。

(4)異なる登熟期と種子耐湿性

これまで6月上旬播種による同一登熟期の群落について着粒位置や各種処理と種子耐湿性を検討してきた。この実験では異なる登熟期が種子耐湿性に与える影響を検討した。6月10日(6月播種区)と7月9日(7月播種区)に播種し，子実肥大始期は6月播種区では8月26日，7月播種区では9月8日であった。種子耐湿性は6月播種区より7月播種区の方が高くなった。6月播種区はこれまでの結果と同様に粒重の増加とともに種子耐湿性が低下した。7月播種区は粒重の増加に対して種子耐湿性がほぼ一定であり，これまでとは異なる結果となった。7月播種区の種子耐湿性と粒重について着粒位置別に解析したところ，主茎上部着莢粒では6月播種区と同様の傾向であった。7月播種区の主茎下位節分枝着莢粒では粒重の増加に対して種子耐湿性が上昇した。7月播種区では主茎上部着莢粒と主茎下位節分枝着莢粒との異なる傾向を平均した結果，全体としてほぼ一定であったことがわかった。主茎下位節分枝の上部着莢粒は6月播種区でも異なる結果だった。6月播種区では粒重の増加とともに種子耐湿性が低下したが，主茎下位節分枝の上部着莢粒の種子耐湿性は平行的に上昇していた。主茎下位節分枝上部着莢粒では粒重を介さず種子耐湿性を高める要因の影響を受ける可能性が考えられ，7月播種により，粒重を介する種子耐湿性の低下要因よりも粒重を介さない上昇要因の影響がさらに大きくなった可能性がある。

7月播種区では，気象条件としては子実肥大盛期の気温と降水量が減少し，植物体としては主茎節数に差がなく主茎長が短かった。粒重が増加しない程度の群落内光量増加と同様の効果を主茎長の減少が主茎下位節分枝着莢粒にもたらした可能性がある。冷涼・少雨の気象条件下で栽培・採取した種子の吸水速度が低下したとの報告があることから，光環境以外にも降水量や気温

が影響した可能性がある。

今回用いた種子は好適条件での発芽率がほぼ 100%であった。冠水発芽実験による発芽率は、粒重や着粒位置で要因を限定しても最大で 90%程度であり、まだなお 10%の低下要因については特定できなかった。可能性のある環境要因としては、群落葉密度・分布による粒重に影響しない程度の群落内光量，降水量，気温が考えられた。7 月播種により種子耐湿性が高くなったこと，着莢位置により種子耐湿性が異なったことから，高次花房や垂枝など開花期の遅い莢の割合が影響している可能性もある。今後これらの要因についてさらに研究を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 高橋 友理奈、中嶋 孝幸、中村 聡、本間 香貴	4. 巻 249
2. 論文標題 ダイズ登熟期のソース/シンク処理が種子重および種子耐湿性に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 200～200
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14829/jcsproc.249.0_200	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 高橋 友理奈、中嶋 孝幸、中村 聡、本間 香貴	4. 巻 251
2. 論文標題 ダイズ子実の栽培圃場内位置および個体内位置と種子耐湿性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 77～77
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14829/jcsproc.251.0_77	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 高橋 友理奈、中嶋 孝幸、中村 聡、本間 香貴	4. 巻 251
2. 論文標題 ダイズ登熟期の畝間引きや隣接個体の剪葉処理が種子重および種子耐湿性に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 78～78
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14829/jcsproc.251.0_78	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 中嶋 孝幸、諏訪 夏海、中村 聡、本間 香貴	4. 巻 254
2. 論文標題 播種期の異なるダイズから採種した種子の種子耐湿性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本作物学会講演会要旨集	6. 最初と最後の頁 9～9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14829/jcsproc.254.0_9	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋友理奈・中嶋孝幸・中村聡・本間香貴
2. 発表標題 ダイズ子実の栽培圃場内および個体内位置と種子耐湿性
3. 学会等名 日本作物学会 第二五一回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋友理奈・中嶋孝幸・中村聡・本間香貴
2. 発表標題 ダイズ登熟期の畝間引きや隣接個体の剪葉処理が種子重および種子耐湿性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本作物学会 第二五一回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋友理奈・中嶋孝幸・中村聡・本間香貴
2. 発表標題 ダイズ登熟期のソース/シンク処理が種子重および種子耐湿性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本作物学会 第二四九回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中嶋孝幸・諏訪夏海・中村聡・本間香貴
2. 発表標題 播種期の異なるダイズから採種した種子の種子耐湿性
3. 学会等名 日本作物学会 第二五四回講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	中村 聡 (NAKAMURA Satoshi) (00289729)	宮城大学・食産業学群・教授 (21301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------