

ヘアリーベッチを活用した京都特産豆類安定生産技術の開発

中島博道*、浅井信一**、阪本祐一***

摘 要

丹波黒ダイズ(以下、黒ダイズという)、丹波大納言アズキ(以下、アズキという)にマメ科緑肥等を活用する場合、ヘアリーベッチ(HV)が有望であった。黒ダイズでは京都府の北部で10月、南部で10月～3月中旬(12月～2月を除く)にヘアリーベッチを播種するのが適当である。ヘアリーベッチのすき込み量が $1.5\sim 3\text{kgFWm}^{-2}$ 、窒素が 10gNm^{-2} 程度確保できれば、慣行と同等の収量を得られた。黒ダイズの生育期間を通じて、窒素(可給態、無機態)、リン酸、加里、石灰、苦土の土壤養分が確保でき、肥料や堆肥の節減、代替が可能であった。ヘアリーベッチをすき込むことで、土壤の排水性が改善した。アズキではすき込みの前年11月下旬から5月上旬までにヘアリーベッチを播種するのが適当である。アズキの生育期間を通じて慣行と同等以上に土壤養分を確保でき、収量は慣行と同等以上であった。アズキのようにヘアリーベッチを結実後にすき込むことが可能な場合は、落下した種子がその年に発芽し、翌年の5月上旬で 2.8kgFWm^{-2} 確保でき、再利用が可能である。

キーワード:ヘアリーベッチ、クローバ類、ライムギ、可給態窒素、黒ダイズ、アズキ

I 緒言

京都府における黒ダイズの面積は2012年度297haで、10年前の65%まで減少している^{7)、14)}。減少の主な原因は高齢化に伴う担い手不足であるが、土壤条件の悪化に伴う収量性の低下が拍車を掛けている^{8)、9)、17)}。アズキについても同様に面積、収量の低下傾向が認められる²⁾。

この京都特産豆類の黒ダイズ・アズキの収量性向上を目指すため、地力の回復と排水性、保水性の向上を図ることが重要で、堆肥などの有機質資材の投入が必要である。しかし、高齢化・担い手不足により堆肥の散布が困難であり、また、地域によっては堆肥の供給が不足している。

一方、緑肥のヘアリーベッチは、転作畑利用頻度の高い水田において、土壤の可給態窒素量を修復し、後作ダイズ収量の回復に有効である¹¹⁾。重粘土水田転換畑において、ヘアリーベッチの植栽により土壤構造が発達し排水性が向上し、後作ダイズの生育・収量性が向上した¹⁶⁾。ヘアリーベッチすき込みにより土壤窒素発現量が高く推移し、後作ダイズの生育・収量が向上し、子実肥大期以降の窒素吸収量も高く維持され、しわ粒が軽減する⁴⁾と報告されている。しかし、作期の長い黒ダイズや作期の異なるアズキに対して、ヘアリーベッチのすき込み時期と窒素など養分の発現量及び発現時期の関係が不明な点がある。

* 元農林センター環境部

** 農林センター環境部

*** 丹後農業改良普及センター(現 府立農業大学校)

このため、堆肥・肥料の代替としての効果的な利用方法を明らかにし、緑肥の栽培とすき込みを行うことで、黒ダイズ・アズキの収量性の向上効果と併せて減化学肥料栽培効果を検討した。

II 材料と方法

1 供試ほ場

試験は2013年度から2015年度に実施し、京都府農林水産技術センター(府南部 亀岡市)の水田を用いた。土壤タイプは細粒質灰色化低地水田土で、ほ場は水稻跡の転換畑を利用し、黒ダイズとアズキを作付けした。また、府北部の久美浜町の生産者の水田転換畑のほ場を借りて、黒ダイズの現地試験を実施した。

2 緑肥の植栽方法と発芽率、病害発生状況

供試したヘアリーベッチ及びその他のマメ科緑肥等は次のとおりである。

黒ダイズで、供試したヘアリーベッチ [*Vicia villosa* Roth.] は、品種「寒太郎(HK)」、「藤えもん(HF)」(以上、雪印種苗(株))、「まめっこ(HM)」(カネコ種苗(株))、「ウインターベッチ(HW)」(以上、タキイ種苗(株))である。また、比較したマメ科緑肥としてはクリムソクローバー(KK)、アカクローバ「メジウム(AK)」(以上、タキイ種苗(株))を用いた。アズキでは、

ヘアリーベッチ「寒太郎(HK)」と比較としてライムギ「007」(以上、雪印種苗(株))を用いた。

ヘアリーベッチは $3\sim 4\text{gm}^{-2}$ 、クリムゾンクローバーは 2.5gm^{-2} 、アカクローバは 2.5gm^{-2} 、ライムギは 6gm^{-2} 散播した。ヘアリーベッチはモアで細断後、その他の緑肥はそのままロータリーですき込んだ。緑肥はすき込み前に、単位面積 ($0.5\times 0.5\text{m}$) 当たりの植物体を採取し、新鮮重を測定後、 70°C で乾燥し、植物体の窒素含量を NC アナライザー (SUMIGRAPH NC-22F) で分析した。

緑肥を播種する 10 月から 3 月の気温を想定し、 5°C 、 12°C 、 20°C の 3 段階に設定したインキュベータ内で、濾紙をひいたシャーレに各種子(ヘアリーベッチ(上記 3 品種+ウインターベッチ (HW (タキイ種苗(株))), アカクローバ, クリムゾンクローバー)を 50 粒播種し、蒸留水で浸し、発芽率を調べた。

土壌水分のヘアリーベッチの発芽率への影響については、堆肥等有機物分析法¹⁰⁾に準じて 2mm 目ふるいを通した風乾土を 500ml をノイバウエルポットに充填し、種子を 25 粒播種し、土壌水分を最大容水量の 60%、100% 及び湛水状態になるように水を加え、 25°C で 10 日後に発芽率を調査した。

土壌病害を想定し、8mm のふるいを通した土壌を穴あき育苗バット ($25\text{cm}\times 30\text{cm}$) に 3cm の深さで入れ、ほ場で採取細断したヘアリーベッチを混和した。黒ダイズを 50 粒播種後 病害の発生状況を調査 (1~2 反復) した。

窒素の分解率については、ほ場で採取したヘアリーベッチを 70°C で 1 日乾燥した後粉砕し、試料を京都府農林水産技術センター土壌 (細粒質灰色化低地水田土) に乾物重比で 1% 相当量添加し、土壌水分を最大容水量の 60% に調整し、 20°C 、 25°C 、 30°C の 3 段階の温度条件で培養した。無機化した窒素を定期的に測定し、農林センターの地温データをもとに、古江らのプログラム³⁾ により、ヘアリーベッチと分解の関係をシミュレーションした。また、黒ダイズ及びアズキの栽培ほ場で播種時期から収穫時期まで定期的に土壌を採取し、可給態窒素と無機態窒素を測定した。

なお、所内試験及び現地試験の結果の解析に、所内気象観測露場で得た観測値及び気象庁の気象観測値⁵⁾を参照した。

3 黒ダイズ、アズキの栽培及び調査方法

黒ダイズは「新丹波黒」を用い、ほ場に株間 40cm、畝幅 80cm (1 条植え) でクリーンシードを用いて 6 月 11 日と 6 月 17 日に直播した。試験区として緑肥植栽区(以下、植栽区)

と無植栽区(以下、慣行区)を設け、植栽区は無施肥とした。さらに、現地では、植栽区を 25% 減肥とし、無植栽区の栽培は京都府の栽培指針⁶⁾に準じた。黒ダイズは 6 月 23 日に定植した。試験区の面積は黒ダイズで $38\sim 144\text{m}^2$ 、1~2 反復した。

アズキは「京都大納言」を用い、ほ場に株間 20cm、畝幅 80cm (1 条植え) でクリーンシードを用いて 7 月 17 日に直播した。試験区として黒ダイズと同じように植栽区と無植栽区を設け、植栽区は無施肥とした。植栽区は当年 (2014 年) の緑肥 (HK) すき込み時に、結実、落下した種子が発芽したものは再利用植栽区として、翌年 (2015 年) の植栽区及び無植栽区と、HK の生育量及びアズキへの影響について、比較調査した。試験区の面積は $36\sim 134\text{m}^2$ 、1 反復とした。

黒ダイズ、アズキの収量調査は、各区 5m 3 反復で株を採取し、子実の収量を測定した。また、黒ダイズの根に着生した根粒は、ほ場から 5 株掘取り粒径別に新鮮重を測定した。

4 土壌試料の採取と分析方法

土壌化学性分析用の分析試料は、播種時期から収穫時期まで定期的に畝から採取し、土壌環境分析法¹⁾に準じて、pH、全炭素、全窒素、交換性陽イオン、可給態リン酸 (トルオグ法)、可給態窒素 (30°C 4 週間培養)、無機態窒素を測定した。土壌水分は、土壌水分センサー (SM150) を深さ 7.5cm に設置し、電圧ロガー (LR5042) に記録した。

III 結果

1 黒ダイズ栽培におけるヘアリーベッチの緑肥利用の検討

(1) 供試した緑肥作物による栄養供給の違い

府南部 (亀岡市) で、緑肥を 5 月 10 日にすき込んだ場合、ヘアリーベッチでは前年の 10 月、11 月播種ですき込み量は $1776\sim 2774\text{g m}^{-2}$ 確保できるが、3 月播種では $152\sim 269\text{g m}^{-2}$ であった。その窒素量については、前年播種で $10.9\sim 16.5\text{gN m}^{-2}$ であった。3 月播種では $1.4\sim 1.9\text{gN m}^{-2}$ であり、クローバ類では、前年播種でも最大 374g m^{-2} で、3 月播種では最大 31g m^{-2} であった。窒素量は前年播種で最大 2.3gN m^{-2} 、3 月播種では 0.2gN m^{-2} であった。

5 月 28 日にすき込んだ場合は、すべての播種時期でヘアリーベッチのすき込み量は $1452\sim 2951\text{g m}^{-2}$ 、窒素量が $9.5\sim 20.8\text{gN m}^{-2}$ であった。一方、クローバ類は 1 品種の 10 月播種でのみすき込み量 2kg m^{-2} 、窒素量 11gN m^{-2} 程度確保できたが、播種時期が遅れると生育量、窒素量が 10 月播種の半分以下であった (表 1)。

緑肥の発芽は、すべての緑肥で温度の影響は認められる

が、特にアカクローバ、クリムソクローバで5°Cになると発芽率が40%を下回った。一方、ヘアリーベッチ4品種については、低温により顕著に低下することはなく70%程度以上の発芽率が認められた(図1)。また、ヘアリーベッチ「寒太郎」の発芽率と土壤水分の関係については、60%飽和で50%、100%飽和、湛水状態では、0%になった(表2)。

(2) ほ場の養分と土壤水分

農林センターの地温データをもとに、古江らのプログラム³⁾により、ヘアリーベッチと分解の関係をシミュレーションしたところ、5月15日、6月15日、7月15日すき込みで、1月後にそれぞれ20%以上、30%以上、40%の無機化率を示し、10月で70~90%になった(図2)。

ヘアリーベッチのすき込み量が2.8kgFWm⁻²程度の場合、無施肥でも土壤の無機態及び可給態窒素量は、施肥を行った慣行と同等以上を示した(図3)。交換性塩基、可給態リン酸の推移についても多少の差異は認められるが、慣行と同程度であった(図4)。府北部の現地(久美浜町)で1.3kgm⁻²程度のすき込みで肥料を25%削減した場合では、慣行と同等以上の無機態及び可給態窒素を確保できた(図5)。

ヘアリーベッチをすき込んだ後のほ場の土壤水分(7月24日~11月13日)は11.4~37.6%の範囲で変動し、標準偏差は4.67であった。慣行のそれぞれ8.9~43.6%、7.66と比べ、変動幅が少なかった(図6)。

ヘアリーベッチ(HV区)が根粒重、粒径で2~4mmが慣行と比較して大きく、黒ダイズの根量も大きい傾向を示した(表3)。

(3) 病害の発芽への影響

ヘアリーベッチは新鮮有機物であるので、すき込みにより病原菌を含む土壤微生物が増加する¹³⁾。対策として、黒ダイズの播種時に、ピシウム菌、リゾクトニア菌に効果のある薬剤チアトキサム・フルジオキシニル・メタラキシルM水和剤で塗抹処理し、緑肥のすき込みから黒ダイズの播種までの期間と薬剤処理の有無の生育に対する影響を調べた。薬剤処理区については、茎の地際部や子葉の褐変症状は多少認められるが、生育はすべて良好であった。薬剤処理をしない場合は、黒ダイズの発芽や生育に対し、すき込み3日後の影響が最も大きく、すき込み2週間後でも影響は認められた(表4)。

(4) 収量

緑肥の播種時期が異なり、すき込み量が異なっても、収量

は、慣行と緑肥すき込みで同等で有意な差は認められなかった(表5)。

2 アズキ栽培におけるヘアリーベッチの緑肥利用の検討

(1) 供試した緑肥作物による栄養供給の違いとヘアリーベッチの再利用

ヘアリーベッチとライムギを同じ5月播種と比較したところ、ヘアリーベッチは生育旺盛で、前年の11月播種と比較しても、すき込み窒素量、収量ともに慣行と同等以上であった(表6、7)。

3月播種では6月23日で2kgFWm⁻²程度の生育量となり、その後は枯死するので、生育量は低下した。5月播種では6月23日で1kgFWm⁻²程度の生育量で、7月21日でもほとんど枯死しなかったため、6月23日と同程度の生育量であった。

前々年2013年11月播種した場合は、ヘアリーベッチが2014年7月には結実するので、すき込み時にほ場に落下した種子がその年に発芽し、2015年の5月には2.8kgFWm⁻²、草丈も1m程度の生育量となり、緑肥として再利用できる。

ただ、前年2014年にある程度生育しているため、2015年播種したヘアリーベッチより早く枯死することから、草高が低くなり、7月のすき込み時の生育量は最も少なくなった。しかし、どの区も、すき込みの7月21日では8.7~10.7gN m⁻²であった(表8、9)。

(2) 養分の供給と土壤物理性

ヘアリーベッチをすき込んだほ場は慣行と比較して、可給態窒素や可給態リン酸等の養分含有量は同等以上であることから、黒ダイズと同様に養分の供給は可能である(図7、表10)。また、ヘアリーベッチのすき込みを続けることで土壤孔隙率の増加がみられた(図8)。

IV 考察

1 気象条件と緑肥の播種時期及び生育

京都府の北部(京丹後市)と南部(京都市)の気象平年値⁵⁾を比較すると、平均気温で3月以降温度差1~2°Cを生じることと、3月から4月に積雪の影響が考えられることから(図9、10)、黒ダイズの場合は、ヘアリーベッチの播種後の初期生育及びすき込みまでの生育量の確保及び播種作業の観点から、北部では10月播種で耐雪性(耐寒性)の品種、南部では10、11、3月播種が適切と考えられる。アズキの場合は、アズキの播種前(7月)までにヘアリーベッチの生

育量を十分確保できることから、北部では4~5月上旬、南部では3~5月上旬が適当と考えられる。

クリムソクローバー及びアカクローバは、発芽が温度の影響を受けやすい(図1)。亀岡市の2012年11月下旬の平均気温は7°C前後で、最低気温は3°C、2013年3月上旬の平均気温は7°C程度で、最低気温は0°C程度であったことから、緑肥の生育に影響したと推察される(表1)。平年値と比較しても差はほとんどないことから、これら緑肥については播種時期が限定される。

2 ヘアリーベッチに対する土壌水分の影響

ヘアリーベッチ(HK)の発芽率は、60%飽和で50%、100%飽和、湛水状態では0%であるので、播種時の土壌が過湿にならないように排水対策を講じる必要がある(表2)。

3 すき込んだヘアリーベッチの分解

ヘアリーベッチのC/N比は10~15程度であり(表6)、一般的な緑肥作物より低く、ほ場にすき込むと分解が比較的速度やかに進む¹³⁾。また、窒素の無機化のシミュレーションから、緩効的な分解が予測され、10a当たり窒素10kgNすき込みで換算すると、黒ダイズの栄養成長盛期である7月には、5月すき込みで5kgN、6月すき込みで3.5kgN、窒素吸収量がピークとなる開花期~子実肥大始期(黒ダイズでは8~9月)には、5月すき込みで8kgN、6月すき込みで7kgNの無機態窒素が土壌に供給されることになる(図2)。さらに、可給態窒素及び無機態窒素の推移(図3)からも、生育期間中を通じて窒素養分の供給は可能と考えられる¹¹⁾。石灰、苦土、加里、リン酸についても生育期間を通じて養分供給は可能と考えられる(図5)。

アズキの場合、7月すき込みでも図11の部位別窒素量から、黒ダイズの40%程度であるので、十分量確保できると考えられる。

ヘアリーベッチは新鮮有機物であるため、ほ場にすき込んだ後の分解過程で土壌微生物が増加するので、黒ダイズ、アズキを直播する場合、ピシウム菌、リゾクトニア菌に効果のある薬剤を種子に塗沫処理することで、茎の地際部や子葉の褐変症状は多少認められるが、その後の黒ダイズやアズキの生育への影響は少ないと考えられる(表4)。

すき込み時期は、養分の供給や土壌物理性の改善の面から、すき込み量を十分に確保した方がよいと考えられるが、モア等で細断しないとヘアリーベッチのすき込み時に、トラクタのロータリーに巻き付き、作業に支障が生じることがあるので、モア等で細断できない場合は草丈50cm程度を目安にすき込む。すき込み量が1.5t/10a程度確保できな

い場合は、必要に応じて肥料を補給するのがよい。(図3、4、表5)。

黒ダイズの窒素集積量(根を除く)は19gNm⁻²で(図11)、固定窒素がダイズの窒素集積量に占める割合は土壌条件等で異なるが、平均50%程度であることから¹⁸⁾、ヘアリーベッチのすき込みの窒素量10gNm⁻²程度を目安とすることが妥当と考えられる。また、アズキの窒素集積量(根を除く)は7gNm⁻²で(図11)、固定窒素がアズキの窒素集積量に占める割合は土壌条件等で異なるが、平均2.5gNm⁻²であることから¹²⁾、ヘアリーベッチのすき込みの窒素量10gNm⁻²程度は十分と考えられる。

以上の検討を踏まえると、黒ダイズの場合、ヘアリーベッチのすき込みの目安として、京都府の北部、南部におけるヘアリーベッチの播種時期、すき込み時期と生育量の関係は表のとおりである(表11)。北部でヘアリーベッチを10月中旬にすき込んだ場合は、5月上旬ですき込み窒素量は4~5kgNm⁻²で基肥25%削減、5月下旬では12~15Nm⁻²で必要な窒素分を確保でき基肥無施用、南部では5月上旬、下旬とも基肥無施用が可能、ヘアリーベッチを3月上旬に播種した場合は5月下旬であれば基肥無施用が可能と考えられる。ヘアリーベッチのすき込み窒素量が4kgNm⁻²(すき込み量1000gNm⁻²)を下回る場合は基肥全量施肥または削減量を25%以下にする。追肥は、土壌条件、黒ダイズの生育状態から判断し、目安として慣行の0(無施用)、25、50、100(全量)%施用等で調整するのが適当である。

アズキの場合は、ヘアリーベッチを5月上旬までに播種し、6月下旬以降にすき込みで必要な窒素分は確保できると考えられる。モアがない場合、ヘアリーベッチの草丈50cm程度を目安とすると、3月播種で6月上旬、5月播種で6月下旬頃が適当と推測される(表8、9)。

4 ヘアリーベッチによる土壌の改善と根粒形成

ヘアリーベッチの根の伸長により土壌の亀裂構造(粗孔隙)及び毛管孔隙が発達し、土壌の物理性が改善されることから¹⁵⁾、ほ場の土壌水分状態の改善や黒ダイズの根の生長や根粒形成が促進される傾向が見られたと考えられる(図6、8、表3)。

謝辞:本研究の一部(現地試験)は農林水産省新技術導入広域推進事業の助成により実施されたものです。本研究を実施するにあたり、秋田県立大学生物資源科学部の佐藤孝博士(准教授)には、多くの貴重なご助言を頂きました。また、生産者の方にはほ場を利用して頂きました。ここに記して謝意を表します。

V 引用文献

- (1) 土壤環境分析法編集委員会編 1997. 土壤環境分析法, p. 195-269, 博友社, 東京.
- (2) e-Stat 作物統計/小豆/京都
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/>
- (3) 古江広治ら: 反応速度論的手法での土壌および有機質資材の有機態窒素の無機化特性値データ集 2001. 農業研究センター研究資料. **43**, 1-50.
- (4) 廣川智子・稲原 誠・小池潤 2011. 中粗粒灰色低地土における田畑輪換圃場の土壌窒素肥沃度の変化と緑肥、家畜ふん堆肥を活用した対策技術. 富山県農総セ農研研報, **2**, 11-26.
- (5) 気象庁 1981-2010. 過去の気象データ(京都, 弥栄). <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- (6) 京都府農産流通課 2000. 京の豆栽培の手引き, p.1-75
- (7) 農林水産省農林水産統計から京都府農産課推計 2012
- (8) 松本静治・吉川正巳 2010. 転換畑における黒ダイズの連作にともなう収量および土壌の化学性の変化. 日作紀, **79(3)**, 268-274.
- (9) 森次真一・鷲尾建紀 2016. 水田転換畑における黒ダイズの土壌施肥管理技術に関する研究(第1報)黒ダイズ栽培圃場の土壌化学性の実態と収量低下要因の解析. 岡山県農業研報, **7**, 7-17.
- (10) 堆肥等有機物分析法 2000, p.216-217, 日本土壌協会
- (11) 新良力也・西田瑞彦・森泉美穂子・赤羽幾子・棚橋寿彦
・佐藤 孝・鳥山和伸・木村 武・矢内純太 2010. 田畑輪換土壌の肥沃度変化のメカニズムと長期的管理の考え方. 土肥誌, **81**, 73-80.
- (12) 西宗 昭・金野隆光・斎藤元也・藤田 勇 1983. 十勝地方の主要畑土壌に栽培されたマメ類の窒素固定量と子実収量. 北海道農試研報, **137**, 81-106
- (13) 西尾 道徳 2007. 堆肥・有機質肥料の基礎知識, P. 16-36, 農文協.
- (14) 農林水産省政策総括官付穀物課調べ
https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/index.html
- (15) 佐藤 孝・善本さゆり・渡邊俊一・金田吉弘・佐藤 敦 2007. 重粘土水田転換畑におけるへアリーベッチ植栽が土壌物理性とダイズの初期生育に及ぼす影響. 土肥誌, **78**, 53-60.
- (16) 佐藤 孝・善本さゆり・中村 結・佐藤恵美子・高階史章・渋谷 岳・横山 正・金田吉弘 2011. 重粘土水田転換畑におけるマメ科緑肥植物へアリーベッチ植栽が後作ダイズの生育・収量に及ぼす影響. 土肥誌, **82**, 123-130.
- (17) 安川博之・太田雅也・吉川正巳・足立健夫 1998. 土壌の理化学性からみた黒ダイズの低収要因・現地調査の結果から. 土肥要旨集, **44**, 154
- (18) Yoneyama, T. *et al.* 1986. Natural ¹⁵N abundance of field grown soybean grains harvested in various locations in Japan estimate of the fractional contribution of nitrogen fixation. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **32**, 443-449

表1 供試したマメ科緑肥作物の播種期とそれぞれのすき込み時の生育量及び窒素量

区	播種時期	2013/5/10すき込み				2013/5/28すき込み			
		草高(cm)	草丈(cm)	FW(g m ⁻²)*1	gN m ⁻²	草高(cm)	草丈(cm)	FW(g m ⁻²)*2	gN m ⁻²
HF (中生)	11/21	61	97	2722 ± 992 a	12.6	57	101	1740 ± 314 a	11.6
	3/6	22	30	259 ± 23 b	1.9	47	85	2153 ± 429 ab	12.1
HM (早生)	10/16	53	90	2606 ± 626 a	16.5	55	87	2107 ± 358 ab	11.6
	11/21	53	91	2333 ± 606 a	13.3	56	103	2206 ± 400 ab	13.9
	3/6	40	53	269 ± 139 b	1.8	59	79	1987 ± 388 ab	9.5
HK (耐寒性)	10/16	59	78	2774 ± 1634 a	14.8	58	110	2951 ± 661 b	20.8
	11/21	58	84	1776 ± 508 a	10.9	61	107	1452 ± 329 ac	11.3
	3/6	12	15	152 ± 58 b	1.4	59	70	1844 ± 361 a	13.1
KK	10/16	27	27	294 ± 64 b	1.3	27	28	231 ± 58 d	1.7
	11/21	24	24	207 ± 44 b	0.9	31	32	331 ± 63 d	2.6
	3/6	4	4	2 ± 1 b	0.0	10	10	31 ± 5 d	0.2
AK	10/16	19	19	374 ± 146 b	2.3	43	44	1967 ± 572 ab	11.6
	11/21	11	11	138 ± 79 b	0.8	16	16	768 ± 143 cd	5.3
	3/6	6	6	31 ± 19 b	0.2	17	17	374 ± 123 d	2.5

注) HF、HM、HKはヘアリーベッチ、KKはクリムソクローバー⁷、AKはアカクロバ
 表中の数值は、平均値±標準偏差(n=3)
 異なるアルファベットは5%水準で有意差あり(Tukey-Kramer検定)

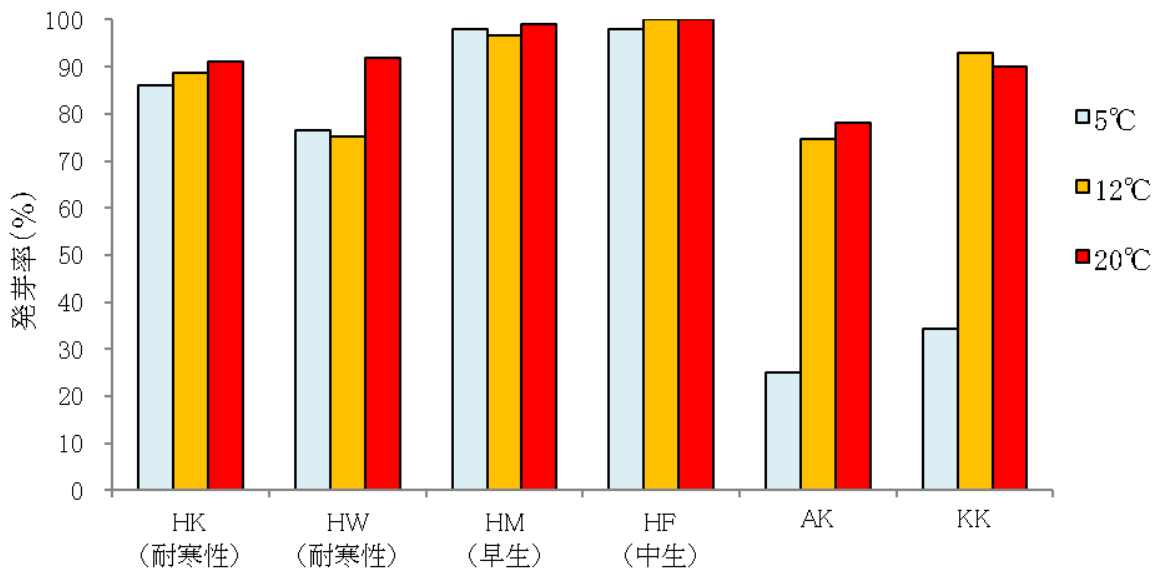


図1 緑肥の発芽率に対する温度の影響

注)5°C:播種24日後、12°C:播種6~7日後、20°C:播種3~6日後の発芽率

HK、HW、HM、HFはヘアリーベッチ、AKはアカクロバ、KKはクリムソクローバー

表2 土壌水分のHKの発芽率への影響

水分状態	60%飽和	100%飽和	湛水
発芽率(%)	50	0	0

注) 25°C、10日後調査

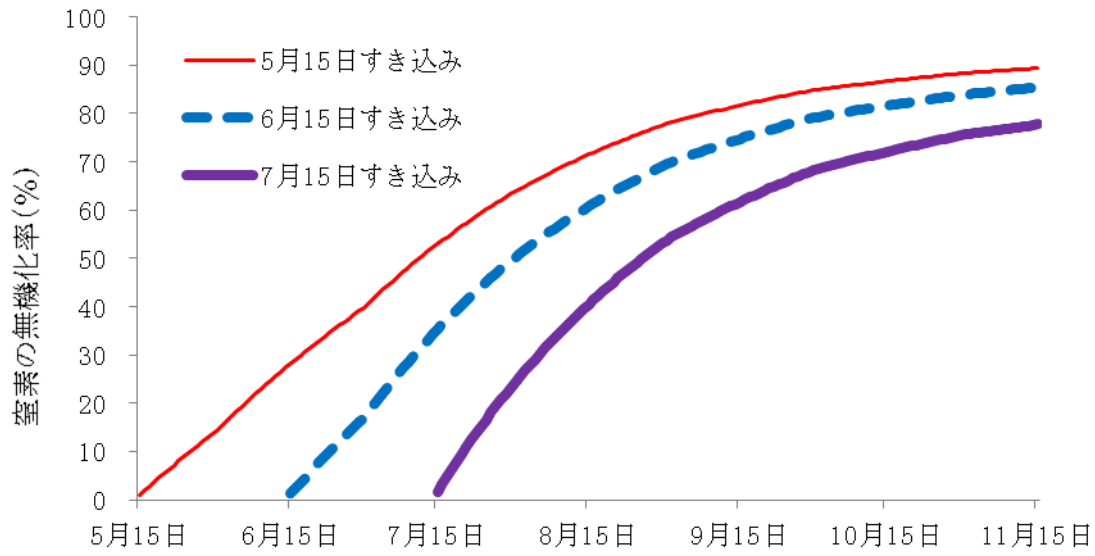


図2 HKのすき込み時期と窒素の無機化率の関係

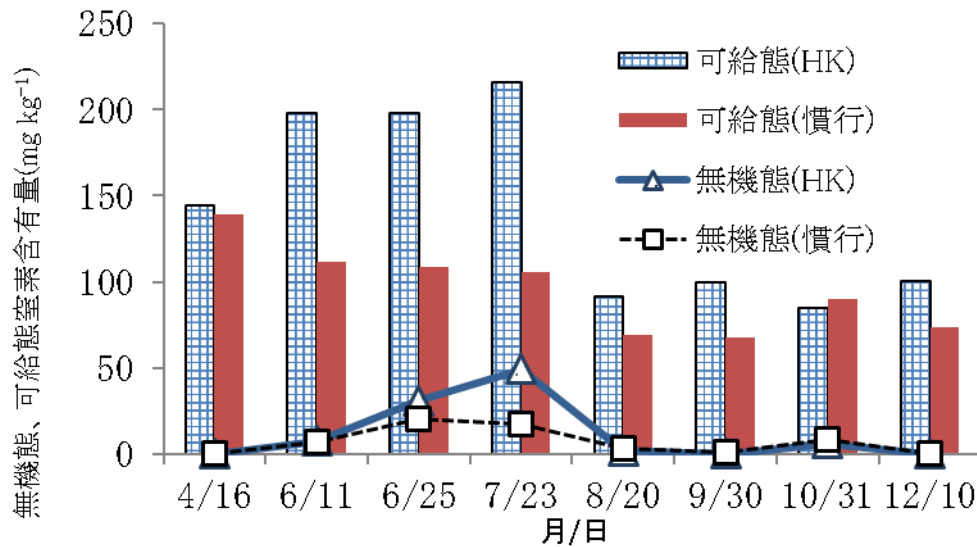


図3 HKすき込み無肥料ほ場の無機態、可給態窒素の推移
 HK播種2013/12/3、HVすき込み2014/6/11、黒ダイズ播種2014/6/11
 HKすき込み量2780gFW m⁻²

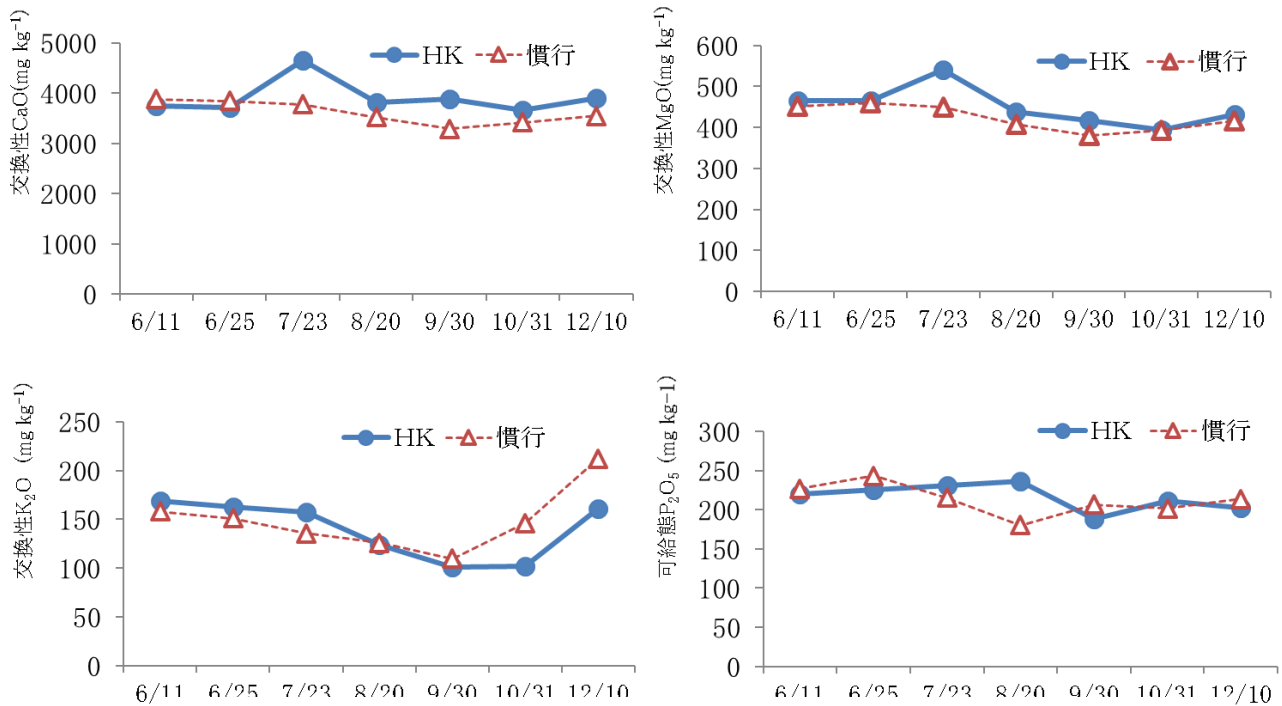


図4 交換性塩基及び可給態リン酸の推移
 注) HK 播種 2013/12/3、HK すき込み 2014/6/11、黒ダイズ播種 2014/6/11

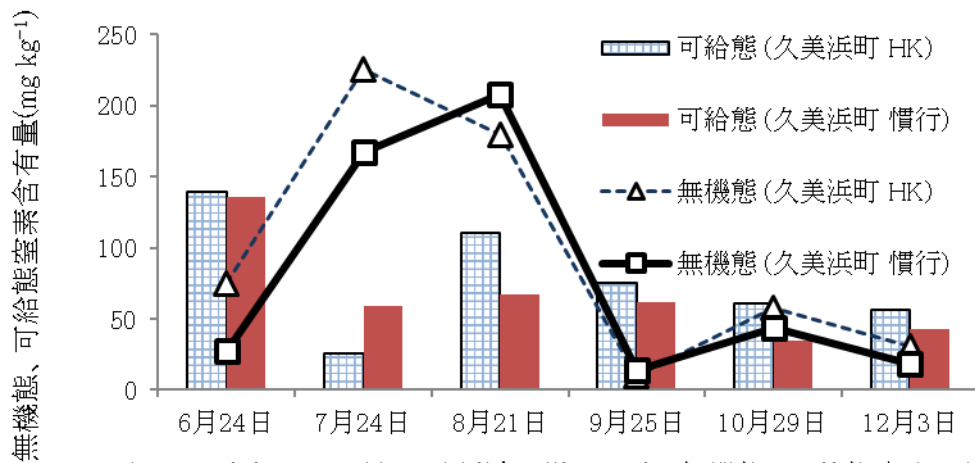
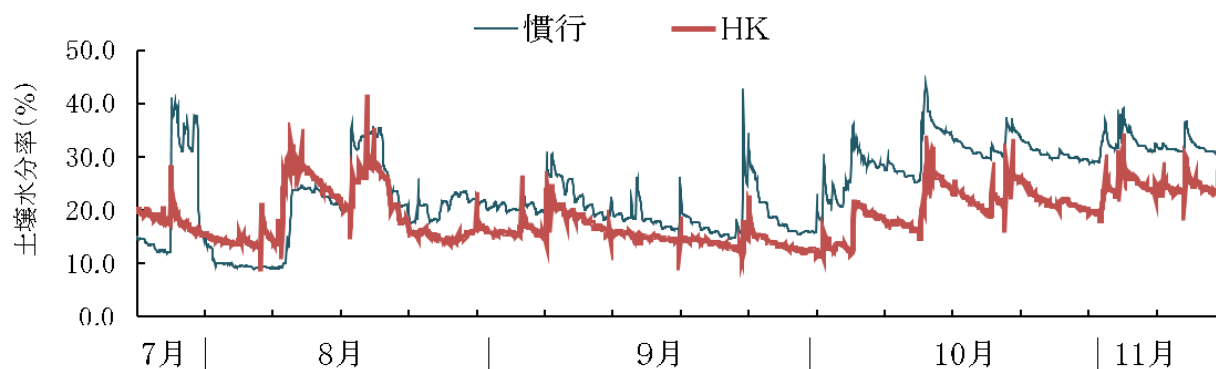


図5 HKすき込み肥料25%削減ほ場における無機態、可給態窒素の推移
 HK播種2013年10月20日、HKすき込み2014年5月5日、黒ダイズ定植2014年6月23日、HKすき込み量1340gFW m⁻²



	慣行	HK
平均	24.0 %	19.0 %
標準偏差	7.7	4.7
最小値	8.9 %	11.4 %
最大値	43.6 %	37.6 %

図6 土壌水分の推移(7/24~11/13、久美浜町)

表3 へアリーベッチすき込みの有無と黒ダイズの根粒の粒径別重量及び根重との関係

	粒径(mm)ごとの根粒重(gFW/株)			根粒重 (gFW/株)	根重 (gFW/株)
	0~2	2~4	4~		
HK	1.7	10.3	1.4	13.4 ± 2.7	64.4 ± 14.3
慣行	1.0	6.1	3.4	10.6 ± 3.7	51.1 ± 12.6

注) 2015年9月8日調査、根粒重、根重は平均値±標準偏差(n=5)

表4 HKすき込み後の黒ダイズに対する病害発生状況

区	薬剤処理	緑肥すき込み	黒ダイズ播種(緑肥すき込み後の日数)	生育不良 (不発芽を含む)	生育良好	無症状株
無処理	—	—	— 日目	4	96	76
処理A0	—	○	0	30	70	0
処理A3	—	○	3	88	12	0
処理A7	—	○	7	48	52	12
処理A14	—	○	14	22	78	18
処理B0	○	○	0	0	100	65

育苗バット(25cm×30cm)に8mmの篩いを通した土壌(9号田)を3cm深さで入れ黒ダイズを50粒播種し調査(1~2反復) 緑肥は、30kgFW m⁻²(=土壌100kg)として換算し、育苗バットに緑肥を細断し土壌にすき込み

表5 黒ダイズの収量調査結果

区	場所	HV播種	HVすき込み	黒ダイズ	HK (gFWm ⁻²)	窒素量 (gNm ⁻²)	精子実重 (gm ⁻²)	百粒重 (g)	2L率 (%)
HK無施肥 慣行	亀岡	2013/12/3	2014/6/10	直播2014/6/11	2780	20	224 ± 45	66 ± 2	62 ± 5
				直播2014/6/11			238 ± 52	67 ± 3	62 ± 8
HK無施肥 慣行	亀岡	2014/3/18	2014/6/17	直播2014/6/17	1632	12	175 ± 32	62 ± 1	57 ± 4
				直播2014/6/17			178 ± 11	63 ± 1	59 ± 3
HK肥料25%削減 慣行	久美浜町	2014/10/20	2015/5/5	定植2014/6/23	1340	-	194	74	53
				定植2014/6/23			198	73	51

表6 緑肥のすき込み量、窒素量及びC/N比

区	播種	播種量 g m ⁻²	すき込み量 gFW m ⁻²	窒素量 gN m ⁻²	C/N比
HK	2013/11/20	3	740	13.7	14.5
HK	2014/5/8	3	2168	17.6	9.3
ライムギ	2014/5/8	6	232	0.9	22.5

注) すき込み:2014/7/17

表7 緑肥のアズキ収量への影響(2014)

区	緑肥播種	播種量(gm ⁻²)	精子実重(gm ⁻²)	被害粒重(kg10a ⁻¹)
HK	2013/11/20	3	207.2 ± 17.6 a	20.4 ± 8.8
	2014/5/8	3	164.8 ± 7.3 b	25.4 ± 1.1
ライムギ	2014/5/8	6	143.4 ± 16.7 bc	22.7 ± 4.9
慣行		-	162.9 ± 8.2 b	21.9 ± 3.1

注) 緑肥すき込み:7/17、アズキ直播:7/17、収量は水分率15%換算

表中の数値は平均値±標準偏差で示した(n=3)

精子実重等は、1畝×5mを3反復した

異なるアルファベットは5%水準で有意差あり(Tukey-Kramer検定)

表8 播種時期の異なるHKの生育の推移(2015)

HK播種		5月20日	5月29日	6月10日	7月9日	7月21日
2013/11/20	草高	69	89	56	24	12
	草丈	98	108	111	115	111
2015/3/18	草高	18	29	62	72	22
	草丈	26	40	79	106	110
2015/5/1	草高	12	13	21	67	37
	草丈	12	17	23	88	96

表9 播種時期の異なるHKの生育量及び窒素量の推移

HK播種	2015/5/1		2015/6/23		2015/7/21	
	生育量 gFW m ⁻²	窒素量 gN m ⁻²	生育量 gFW m ⁻²	窒素量 gN m ⁻²	生育量 gFW m ⁻²	窒素量 gN m ⁻²
2013/11/20	2812	20.2	1936	22.8	475	10.4
2015/3/18	20	0.1	2068	16.5	533	8.7
2015/5/1			1024	6.1	1108	10.7

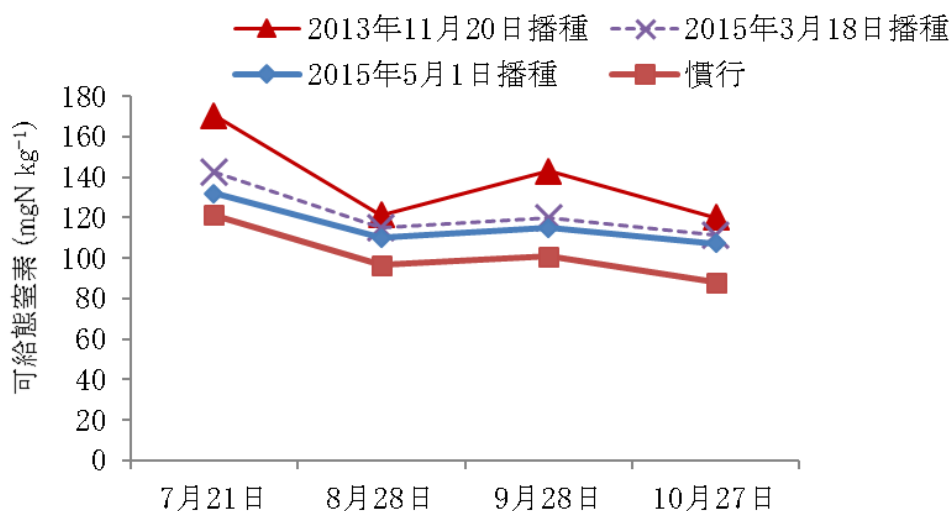


図7 アズキ作付期間中の可給態窒素の推移(2015)
HKすき込み7/21、アズキ播種7/23

表10 土壌の理化学性

HK播種	pH	可給態P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	交換性塩基(mg kg ⁻¹)			T-C (g kg ⁻¹)	T-N (g kg ⁻¹)	腐植 (g kg ⁻¹)
			CaO	MgO	K ₂ O			
2013/11/20	7.15	582	3821	485	186	19.8	1.9	34.1
2015/3/18	6.94	542	3464	438	132	18.2	1.7	31.4
2015/5/1	6.95	537	3378	426	138	17.4	1.6	30.0
慣行	7.05	462	3358	444	149	17.2	1.6	29.7

調査:2015/11

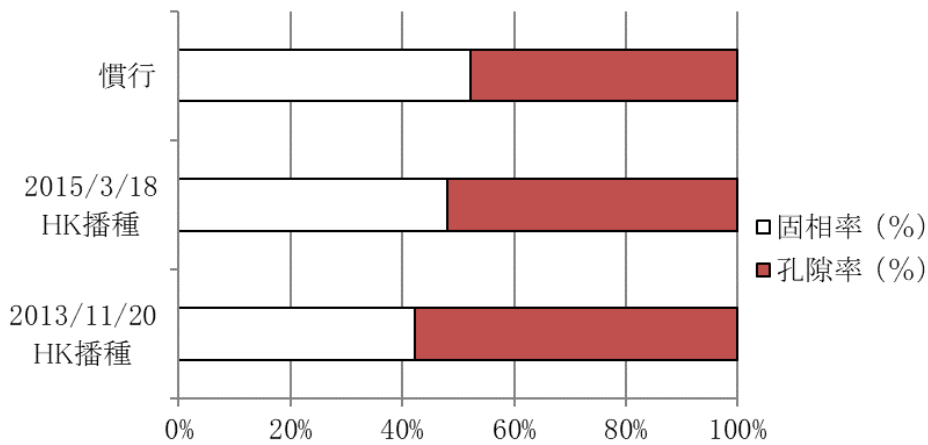


図8 HKすき込みの土壤孔隙率への影響(2016/7/5調査)

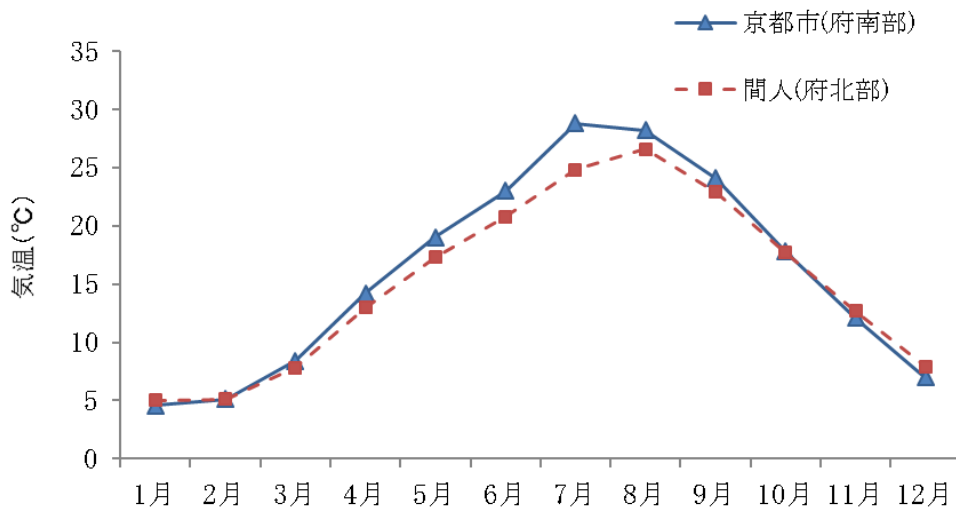


図9 平均気温の推移(気象庁、平年値1981~2010)
研究年次である2013~2015年に対応する平年値(1981~2010年観測値の
平均値)を使用

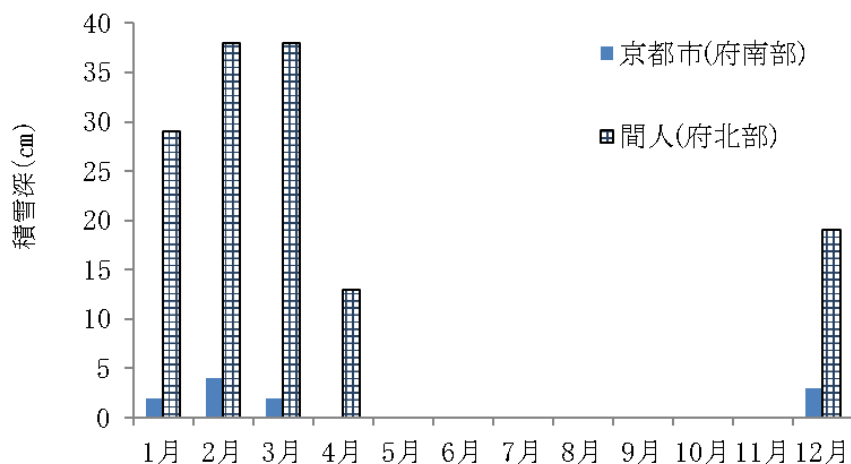


図10 最深積雪の推移(気象庁、平年値1981～2010)

研究年次である2013～2015年に対応する平年値(1981～2010年観測値の平均値)を使用

表11 すき込み及び施肥の目安

地域	播種	すき込み	草丈 (cm)	草高 (cm)	すき込み量 (g m ⁻²)	すき込みN量 (gN m ⁻²)	基肥	追肥
久美浜 (北部)	10月中旬	5月上旬	50	40	1000～1500	4～5	25%削減	適宜
		5月下旬	125	50	3000～3500	12～15	無施用	適宜
亀岡 (南部)	10月中旬	5月上旬	80	60	3000	12～20	無施用	適宜
		5月下旬	110	60	3000	12～20	無施用	適宜
	3月上旬	5月上旬	15	12	150	1.5～2	—	—
		5月下旬	70	60	2000	9～13	無施用	適宜

注) 追肥は無施用でもよいが、肥沃度、粘質、砂質等の土壌条件及び黒ダイズの生育状態から判断

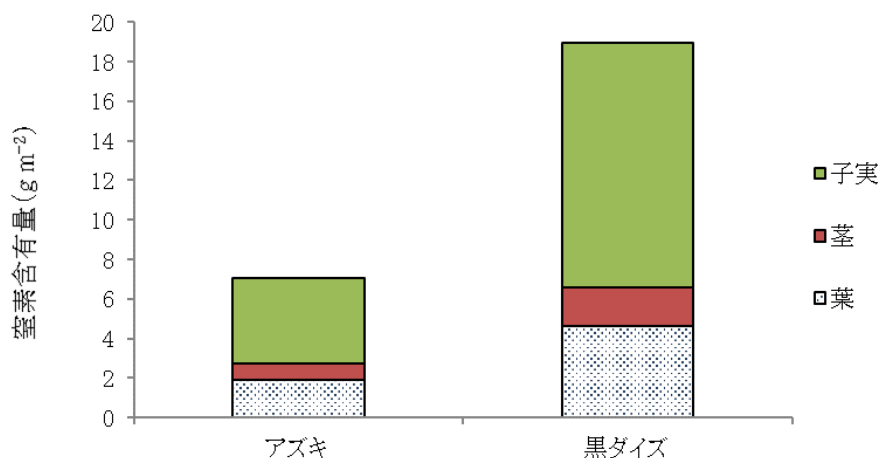


図11 黒ダイズ・アズキの部位別窒素量(2014)

黒ダイズ:10月23日調査、アズキ:10月11日調査(根は除く)

Development of Stable Production Technology of Beans Specially Made in Kyoto

Utilizing Hairy Vetch

Hiromichi NAKAJIMA, Shinichi ASAI and Yuichi SAKAMOTO

Summary

Hairy vetch (HV) was promising when using leguminous green manure for black soybean 'Tambaguro' (hereinafter referred to as black soybean) and azuki bean 'Tamba Dainagon' (hereinafter referred to as adzuki bean). For black soybean, it is appropriate to sow hairy vetch in the northern Kyoto prefecture in October and in the southern region in October to mid-March (except December to February). As long as the amount of hairy vetch plowed in was 1.5 to 3 kgFWm⁻² and nitrogen was about 10 gNm⁻², a yield equivalent to the conventional practice could be obtained. Throughout the growing period of black soybeans, soil nutrients such as nitrogen (available and inorganic), phosphoric acid, potassium, lime and magnesia were secured, and it was possible to reduce or replace fertilizer and compost. Plowing-in of hairy vetch improved drainage of soil. For adzuki beans, it is appropriate to sow hairy vetch from the end of November of the year before the plow. Throughout the growing period of adzuki beans, soil nutrients could be secured at a level equal to or higher than the conventional one, and the yield was equal to or higher than the conventional one. If it is possible to pour hairy vetch after fruiting like adzuki beans, the fallen seeds germinate that year and 2.8kgFWm⁻² can be secured in early May of the following year and it can be reused.

Key-words : adzuki beans ,available nitrogen, black soybeans,Hairy vetch