

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月10日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580012

研究課題名（和文） 土壤水分環境による普通ソバの収量・品質のコントロール

研究課題名（英文） Control of yield and quality of common buckwheat by soil water conditions

研究代表者

萩原 素之（HAGIWARA MOTOYUKI）

信州大学・農学部・教授

研究者番号：90172840

研究成果の概要（和文）：普通ソバの収量と品質を向上させることを目的に、品種信濃1号を供試して様々な土壤水分条件での栽培実験を行った。その結果、比較的過湿条件とすると窒素吸収量が高まり、生育量と収量も高まる傾向にあることを認めた。一方、乾燥条件では窒素吸収の低下に伴う生育量の低下と受精率の低下で収量が低下した。過湿条件での倒伏耐性は茎の太さに強く支配されたので、茎の太さが維持される範囲で土壤水分を高く管理することが収量・品質の向上につながるといえる。

研究成果の概要（英文）：Common buckwheat variety Shinano No. 1 was cultivated under various soil moisture conditions aiming at the improvement of yield and grain quality. Buckwheat plants grown under relatively excessive moisture conditions showed increased nitrogen absorption and tended to have larger biomass and yield. In contrast, those grown under dry conditions showed smaller amount of nitrogen absorption and lower fertilization rate of flowers, the former resulting in smaller biomass and the latter resulting in lower yield. Lodging resistance of buckwheat plants grown under excessive soil moisture conditions was clarified to be closely correlated to the thickness of main stem. Therefore, water management to control soil moisture as high as possible avoiding decrease in stem thickness was suggested to improve both yield and grain quality.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：作物学

科研費の分科・細目：農学、作物学・雑草学

キーワード：普通ソバ、土壤水分、水ストレス、受精、登熟、窒素吸収、葉温、倒伏指数

## 1. 研究開始当初の背景

ソバ粉はルチンなどの抗酸化物質を含有し、かつ摂取しやすい食品であることから、

健康食品原料として需要の拡大が起こっている。普通ソバは、近年、水田転作作物としての栽培が拡大しているものの、その収量は

概して低く、また、水田転作においては湿害により栄養成長量すら十分に確保できない場合すらみられる。このように、我が国における普通ソバ生産は生産量とその安定性の両面において十分な水準になく、国内の需要の多くをカナダや中国などからの輸入に頼っている状況にある。しかしながら、国内産品に対する品質評価は高く、製粉業界での国内産への需要は強く、普通ソバの収量性の向上による生産量の増加と価格の低減が求められている。

研究代表者らは、価格低減につながる、普通ソバの収量の向上と安定化を実現するため、普通ソバの収量成立過程に及ぼす環境要因の影響を、主として土壤水分環境と光環境に注目して進めてきた。特に、土壤乾燥ストレスが開花以降の過程に及ぼす影響について詳細な解析を進め (M. Hagiwara, A. Ota and N. Inoue (2002, 2003))、乾燥ストレスの程度と受精率との間に相関関係がみられるが、乾燥ストレスが極度に強くなければ受精率への影響は比較的小さく (水野・萩原 (2005))、受精後の過程では水ストレスによる乾物生産の抑制程度に応じて結実粒数、登熟歩合、粒重が制限される、ソースリミッティングが認められることなどを報告した (水野・萩原 (2003, 2005))。土壤乾燥ストレスはカナダなどの国外の主要産地では重要であるが、我国では土壤過湿ストレスの方が重要な問題となる場合が多い。また、麺への加工時のソバ粉の品質評価として重要なファクターの1つとなる、ソバ粉のアミロース含量と栽培期間中の気象条件との関係の解析例では降水量とアミロース含量との間に相関が報告されている (井上・上原 (2003)、N. Inoue *et al.* (2005))。

## 2. 研究の目的

以上のような研究動向を踏まえ、本研究は

以下のことを目的とした。

(1) 普通ソバの収量が、高めの土壤水分条件で高まる理由の検討

普通ソバは、畑作物としては比較的高い土壤水分条件で多収事例が多く報告されている。この理由について、過湿条件から乾燥条件までの幅広い土壤水分環境下での光合成速度、窒素吸収、根の活性を中心に調査して検討する。

(2) 土壤水分条件がソバ粉の品質に及ぼす影響の検討

土壤水分条件とソバ粉のアミロース含量、タンパク含量との関係が報告されているため、土壤水分条件とソバ粉品質の関係を検討する。

(3) 収量と品質の両立が図れる土壤水分管理の検討

土壤水分条件を高め管理すると栄養成長量が高まる傾向にあることをこれまでに認めているが、その場合、茎の慎重促進のため耐倒伏性の低下が懸念される。倒伏を招かない範囲で生育量の向上を図り、安全に増収を図れる土壤水分と肥培管理について検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 土壤水分と生育の関係の解析

過湿条件から乾燥条件までの幅広い土壤水分条件を設定し、生育・収量と光合成速度、葉色、出液、出液中の硝酸態窒素濃度、根の呼吸活性等の関係を解析する。光合成速度は、主茎の最上位完全展開葉について、晴天日の昼間に携帯型光合成測定装置で測定し、葉色も測定した。硝酸態窒素濃度は、主茎基部を切断して得た出液サンプルを Cataldo 法を用いて定量分析した。根の呼吸速度は、ポット栽培した個体の根をすべて採取し、丁寧かつできるだけ迅速に洗った後、新鮮重を測定し、

一部をシリンジに入れて25℃の恒温器で1時間インキュベート後、シリンジ内の二酸化炭素濃度を赤外線アナライザーで測定し、インキュベート前後の二酸化炭素濃度の変化から呼吸速度を求めた。

#### (2) 土壌水分と受精・結実・登熟の関係の解析

葉気温差または crop water stress index (CWSI) を水ストレス指標とし、水ストレス指標と受精から登熟の過程に及ぼす水ストレスの影響を解析する。CWSI は下式で求めた。

$$CWSI = (TL - TF) / (TH - TF)$$

TL: 最上位完全展開葉葉温、TF: 湿濾紙温度、TH: さく葉標本温度

葉温の測定には接触式温度計を用い、肉眼で小花の子房の肥大が確認できたものを受精小花と判定した。また、事前の予備実験により、開花から受精までに要する日数が平均的には3日であったことを踏まえ、開花日ごとの受精率を、日々の開花数と受精小花数の調査データに基づいて算出した。また、同様の方法で、開花日ごとの結実率と登熟率も算出した。これらの、開花日ごとの受精率、結実率、登熟率と日々の水ストレス指標の測定データを突き合わせ、開花前の水ストレスが受精率等に与える影響を解析した。具体的には、たとえば、開花前の水ストレス指標の値と受精率との相関係数を求めることで、受精率は開花前何日頃の水ストレスの影響を受けやすいのか調べた。

#### (3) 倒伏関連形質の調査

地上部モーメント(主茎長×地上部生重)、主茎基部の挫折部モーメント、主茎基部の長径と短径、茎断面の顕微鏡観察、下位節間長の伸長経過を調査した。挫折部モーメントは、支店間距離10cmで挫折重を測定して求めた。

(1)~(3)は、いずれも土壌水分の調整はポットあたりの灌水量の調整やポットを適切

な水深まで水を入れたコンテナに沈めることで行い、調査期間中、毎年6試験区程度を設けて土壌水分を土壌水分センサーで記録した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 土壌水分と生育の関係の解析

地下水位-10cm(W2区)と-15cm(W1区)の生育を通常の畑条件の対照区(C区)および対象区の1/2の給水としたD区と比較したところ、地上部乾物重はW1区がC区の2倍近く、W2もC区を上回った。また、開花終期の花房重はW1区はC区の3倍、W2区はC区の2倍で、過湿条件は生殖器官の成長を促進した。出液速度と出液の硝酸態窒素濃度から求めた窒素吸収がC区を大幅に上回った(最大12倍)ことが、W1区とW2区で生育が勝った主な原因と考えられた。生育が最も良かったW1区で窒素吸収が勝ったのは、出液の硝酸態窒素濃度ではなく、出液量が多かったためであった。W1区は開花終期まで生育がC区を大幅に上回ったが、収量増加は小さかった。開花終期には葉面積と光合成速度はC区と差がなくなったので、収量キャパシティーは増加したが、それに見合う光合成生産が開花終期以降、持続しなかったためと考えられた。よって、開花盛期以降は土壌水分が低下するのが生育・収量を最も向上させると推察される。

##### (2) 土壌水分と受精・結実・登熟の関係の解析

受精率は、葉気温差と一定の相関がみられ、乾燥ストレスで低下する傾向にあることを初年の実験で確認した。2年目の実験では水ストレスをより正確に把握するため、乾燥ストレスの指標としてCWSIを採用して、水ストレスが受精~登熟の過程に及ぼす影響を解析した。得られた結果の概要は以下の通りである。

乾燥ストレスで受精率が低下するのは、乾燥ストレスで完全花の受精率が低下するため、乾燥ストレスは完全花の受精能力を低下させると推察された。乾燥ストレスが強い（または、不完全花率が高い）場合は、受精率が低下して受精小花数が減少し、受精小花当たりの光合成産物量が増加するので、結実率が増加する傾向が認められた。しかし、受精の過程に比べると、結実の過程での乾燥ストレスの影響は小さかった。また、登熟の過程には乾燥ストレスの影響は認められなかった。

以上のように、給水量を制限した土壤乾燥条件下では、乾燥ストレスによる受精・結実等の低下が見られた。一方、過湿条件下では根の活性（呼吸速度）の低下が早まる結果が得られ、葉面積減少も早かったが、乾燥ストレスを受けることはなく、受精・結実等への悪影響が出なかった。

受精率と不完全花率が乾燥ストレスの影響を受けるのは、それぞれ開花前3, 5, 7日と開花前7~9日であった。乾燥ストレスは開花前の花芽分化の過程で受精能力を低下させることにより受精率を低下させると考えられる。また、乾燥ストレス条件下にある普通ソバに十分灌水しても、受精率への影響が解消されるには1週間はかかるといえる。

### (3) 倒伏関連形質の調査

過湿条件では対象区よりも下位節間が有意に伸長したが、W1区はW2区より下位節間の挫折強度が大きく、W1区の有利性が示された。

これらの結果から、3年目は、収量と品質の両立が図れる土壤水管理の確立を図るための実験を行った。W1区の生殖成長が促進されたこととこの結果および過湿条件では根の活性低下が早く、葉の枯れ上がりも早ま

ったことを踏まえ、過湿条件を与える頻度を毎日、3日または6日おきとし、全生育期間を強めの過湿条件（地下水位-15cm）とした場合および生育前半は強めの過湿条件（地下水位-15cm）、生育後半は弱めの過湿条件（地下水位-20cm）とした場合の6試験区と対照区の計7試験区（3反復）を設けた。

### (4) 収量と品質の両立が図れる土壤水管理の検討

個体あたり収量は、過湿処理区では対照区の1.6倍になる場合があり、過湿処理区の方が概して上回ったが、対照区との差は有意ではなかった。総開花小花数は3日おきまたは6日おき-15cm区が対照区を有意に上回った。一方、受精率と結実率は毎日-15cm→-20cm区と3日おき-15cm→-20cmが高く、収量関連形質が一樣に優れる試験区はなかった。開花終～収穫の茎重増加は、総花房数と有意でないものの正の相関があり、登熟粒数と有意な正の相関があった。開花終～収穫の間の茎重減少を抑制する、または茎重を増加させることが収量向上につながることを示唆された。収穫時の茎重は総花房数と0.1%水準で有意な正の相関を示した。過湿処理で栄養生長量が増加傾向にあることから、過湿処理は茎重増加を通じて収量水準を向上させると期待できる。倒伏指数の決定要因である挫折部モーメントは、主茎の曲げ応力よりも主茎の断面係数に支配されたが、茎の断面形状は試験区間でほぼ同じと判断されたため、挫折部モーメントは実質的には茎の断面面積に支配されたと考えられる。つまり、やや過湿条件を与えて栄養成長を促した場合も、茎の太さを維持できれば、倒伏指数の増加を招くことはないといえる。

### (5) 総括

本研究で試験を行った、地下水位-10cmまでの過湿条件は、普通ソバ品種信濃1号においては著しい過湿条件とはならないようで、根域の制限による根量減少や根腐れによる吸水量の減少は見られなかった。このように、やや過湿の土壌条件での成長が優れ、収量が増加するのは、吸水量の増加を通じた窒素吸収量の増加によるものと考えられた。

比較的過湿の土壌条件では花房重の増加も認められたが、開花始期の光合成速度に有意差は認められず、生殖器官の初期生育が優れる原因は明らかではなかった。

乾燥ストレスは完全花の受精能力を低下させること、および受精率は開花前3, 5, 7日の乾燥ストレスの影響を受けることの結果得られた。やや過湿の土壌条件が生殖器官の初期成長をや収量を向上させるのは、乾燥ストレスによるそれらへの悪影響を排除するためであることが示唆される。

やや過湿条件下での収量増加には茎重増加が関わっていることが示されたが、収量向上を狙って、やや過湿の土壌条件で管理した場合、茎重の増加とともに茎長が増加することから、耐倒伏性の検討が重要になる。倒伏指数の決定要因である挫折部モーメントは、実質的には茎の断面面積に支配されたことから、茎の太さを維持できる栽培条件が重要となる。やや過湿条件で栽培する場合、適切な栽植密度と栽植様式の検討が必要である。また、本研究では、最適な土壌水分管理法を十分に明らかにできなかったが、生育前半はやや強めの過湿条件、開花期以降は弱い過湿条件とするのがよいように思われた。品種に応じた最適な土壌水分管理法と栽植密度、栽植様式の組合せを明らかにしていくこと

で、普通ソバの収量の改善が図れるであろう。

我が国では水田転作での普通ソバ栽培が増加しており、普通ソバは過湿条件に遭遇することが少なくないが、海外の産地では逆に干ばつに遭遇することが少なくない。本研究では、乾燥ストレスが受精～登熟の過程に及ぼす影響についても知見を得ており、乾燥地域で収量向上のための効果的な灌漑のための有用な示唆が得られたといえる。

高温年が続いたこと、ビニールハウス内での栽培で、訪花昆虫が少なかったことなどにより、充分量の収穫物が得られなかったため、収穫物の品質については充分な知見が得られなかったが、やや過湿条件下で窒素吸収量が増えても、ソバ粉の窒素含量は有意に増えるという結果は得られなかったことから、ソバ粉の品質への影響は比較的小さいのはいかと推察される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

- ① 萩原 素之, 白 峰, 松下 雄哉, 普通ソバの受精～登熟の過程に及ぼす水ストレスの影響, 第232回日本作物学会講演会, 2011. 8. 30, 山口
- ② 萩原 素之, 松下 雄哉, 白 峰, 地下水位の差異が普通ソバの生育に及ぼす影響, 第230回日本作物学会講演会, 2010. 9. 2, 札幌

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

萩原 素之 (HAGIWARA MOTUYUKI)

信州大学・農学部・教授

研究者番号: 90172840

(2) 研究分担者 ( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者 ( )

研究者番号 :