

平成 27 年度
(2016 年 3 月)

卒業論文

題目 ダイコン栽培における緑肥の有効性について

畜産科学課程 環境農学ユニット 環境土壌学研究室

氏名 宮内 絢子

目次

第1章 緒論

- 1-1 北海道農業における緑肥について 4
- 1-2 研究目的 5

第2章 試料と方法

- 2-1 実験圃場について 6
- 2-2 供試緑肥について 7
 - A ヘアリーベッチ
 - B エンバク
- 2-3 緑肥の利用形態について 8
 - A リビングマルチ
 - B 刈り倒し
 - C すき込み
- 2-4 供試作物について (ダイコン3品種) 9
- 2-5 試験期間 11
- 2-6 項目と方法 11
 - A 生育観察
 - B ダイコン品質検査
 - (1) 外観品質検査
 - (2) 内部品質検査
 - C 実験圃場の作土層における土壌化学性の変化
 - (1) 栽培前土壌

(2) 栽培後土壌

第3章 結果と考察

3-1	栽培期間の気象の概要	24
3-2	ダイコンの生育過程	27
	A つや風	
	B 緑輝	
3-3	ダイコンの外観品質	29
	A つや風	
	B 耐病総太り	
	C 緑輝	
3-4	ダイコンの内部品質およびダイコン軟腐病発生との関係について	37
	A つや風	
	B 耐病総太り	
	C 緑輝	
3-6	ダイコン栽培前後の土壌化学性の変化	44

第4章 要約

謝辞

引用文献

付表

第1章 緒論

1-1 北海道農業における緑肥について

近年、食料自給率向上や環境保全、土壌改良の重要性が高まる中、土地を酷使する農業から、今ある土地を保全しつつ利用する農業への転換が迫られている。その手段の一つとして緑肥が挙げられている。

土壌を肥沃化する目的で栽培され、土にすき込まれる作物を緑肥作物という(橋爪 2007)。緑肥は「土づくり」だけでなく、土壌病害の防除や休閑地の被覆などに深く関わっており、すき込みによる有機物や肥料成分の補給に加えて、病虫害や雑草の抑制、菌根菌などの有用微生物の増加、土壌侵食防止、環境負荷軽減などの多面的効果が期待されている(ホクレン営農技術情報誌あぐりぽーと 2009)。

圃場副産物の稲わら・麦わら等も緑肥作物と同じ有機物資材ではあるが、土壌中での働きや作物に対する効果が異なる。緑肥施用の特徴としては、易分解性窒素が増大することである。また、グルコース・ヘミセルロース等の易分解性炭素化合物が多いため分解が速い。そのため緑肥に含まれる窒素は放出が速く、早期に後作物に吸収される割合が高い。一方、わら類は窒素含有率が極めて低く、主な構成物質であるセルロース・リグニンは難分解性で、かつ、C/N 比が高いため作物が窒素飢餓に陥る場合もある(北海道農政部 1994)。

北海道農業では当初、緑肥用エンバクが主体であったが、その後、根作物の大敵であるキタネグサレセンチュウを抑制するエンバク野生種のヘイオーツが普及していった(橋爪 2007)。また厩堆肥の補完的役割以外にも、キカラシといった景観緑肥はキカラシロードとして有名になり、農村景観の形成としての役割も果たしている。地域別の緑肥導入状況は、十勝支庁管内が最も多く全道面積の 32 % を占め、次いで網走支庁 26 %、上川支庁 17 %、空知支庁 8 % と続いている。緑肥の栽培形態別の割合は、後作緑肥 65.4 %、休閑緑肥 25.5 % となっている(農林水産省 2009)。

1-2 研究目的

前述のとおり、緑肥は土壌物理性や化学性を改良し、また作物の病害抑制に寄与する等多方面にわたる機能によって、作物収量の増大に貢献している。

そこで本研究では、北海道でも生産が盛んなダイコンを栽培し、収量の観点からだけでなく、収穫物の諸成分(内部品質)の分析や栽培前後の土壌分析を通して、緑肥がダイコン栽培に与える影響を総合的に検証し、また緑肥の種類および利用法の違いによる効果の差異を検証することを目的とした。

第2章 試料と方法

2-1 実験圃場について

帯広畜産大学内精密圃場の筒木潔教授分圃場を実験圃場とし、ラテン方格法に則って、以下の図のように9つの区を配置した。

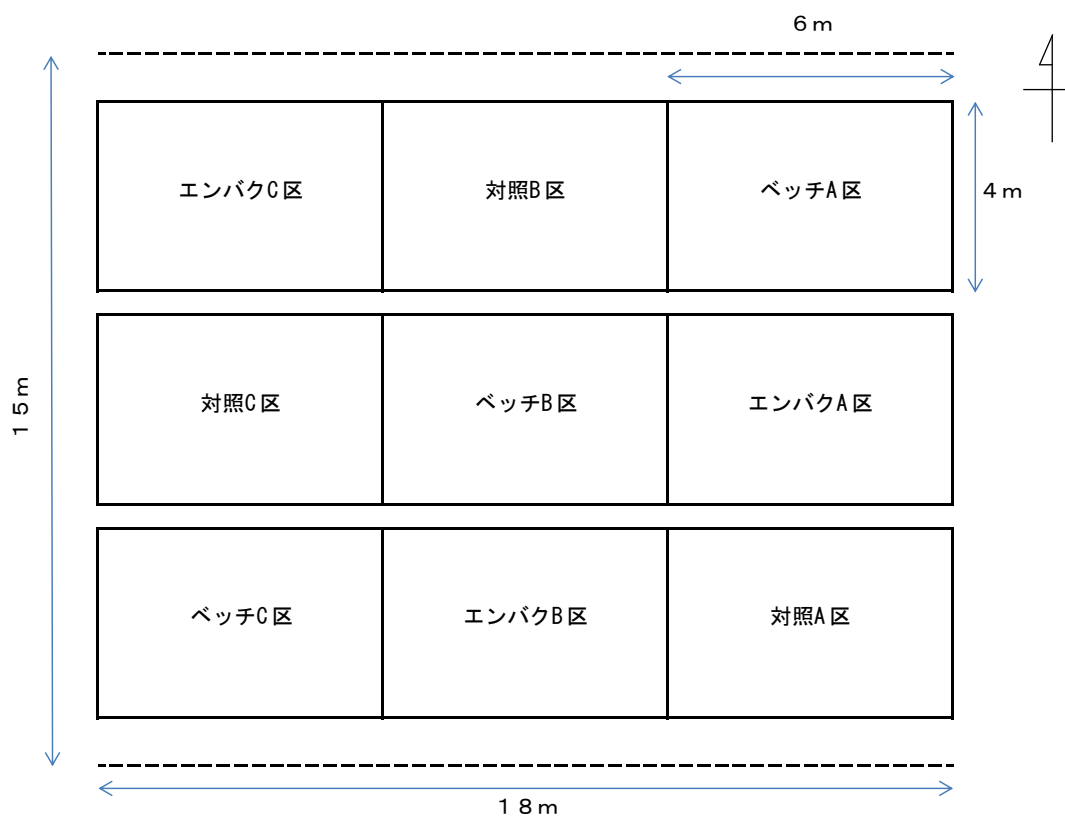


図 1. 圃場配置図

※対照区 (いずれの緑肥も栽培しない区)

ベッチ区 (畝間にヘアリーベッチを栽培する区)

エンバク区 (畝間にエンバクを栽培する区)

1 区画あたり畝間 65 cm 間隔で 9 つ畝を切り、各 3 畝ずつ播種・栽培時期の異なるダイコン 3 品種を栽培した。

表 1. 施肥量

	主成分	施肥量(成分)	肥料施肥量	3 畝(8 m ²) あたり
パールユーキ	窒素(6%)	N 5 kg/10a	83.3 kg/10a	0.666 kg
苦土重焼リン	P ₂ O ₅ (40%)	P ₂ O ₅ 8 kg/10a	20 kg/10a	0.14 kg
硫酸カリ	K ₂ O(50%)	K ₂ O 8 kg/10a	16 kg/10a	0.121 kg
苦土石灰	MgO(6%) CaO(47%)	MgO 4.8 kg/10a CaO 37.6 kg/10a	80 kg/10a	0.64 kg

※北海道施肥標準より

2-2 供試緑肥について

A ヘアリーベッチ

まめ助（雪印種苗株式会社）

従来のヘアリーベッチと異なり、早生品種で生育が旺盛で地上部の被覆が早く、アレロパシー効果で雑草をよく抑制する。エンバクと比較して窒素やカルシウムなどの肥料成分が豊富で、また炭素率が 10～15 と低いため即効的。

B エンバク

ネグサレタイジ（タキイ種苗株式会社）

えん麦の野生種であり、冷涼地では 5～8 月上旬に播種する。キタネグサレセンチュウやキスジノミハムシの密度を抑制し、茎葉が細く、すき込み後に土壤中で分解されやすい。初期生育が旺盛で、分けつが多い。圃場の EC 値を低下させる必要がある場合、肥料は施さない。

2-3 緑肥の利用形態について

A リビングマルチ

緑肥作付け中に作付けすることによる効果は、根の生育に伴う根張り作用、地上部の生育に伴う養分吸収作用と土壌表面の被覆作用がある。根張り作用は、根群発達による微生物の改善、団粒構造の形成と粗孔隙量の増大による通気・通水性の向上など。養分吸収作用は、土壌養分、特に硝酸態窒素の水系への流亡抑制・過剰養分の除去（除塩）など。除塩については施設土でとくに効果が大きい。土壌表面被覆作用は、風食の抑制や地面への透光率低下による雑草抑制などである。（北海道農政部 1994）

本研究ではリビングマルチとして利用するため、ダイコン作付けを行う 10 日前に畝間に緑肥を播種し、ダイコン間作を行った。

B 刈り倒し

本研究では穂バラミ期にさしかかったエンバクを根元から鎌で刈取り、畝間に敷いて枯死させた。ヘアリーベッチはそのまま枯死させた。

C すき込み

すき込みによる効果は、有機物自体による直接的作用と有機物分解による間接的作用がある。直接的作用は、粗孔隙量の増加と作土の膨軟化による通気・通水性の向上である。しかし排水が著しく不良な土壌では、土壌の還元化(酸素不足)を促進する可能性があるため注意する。また物理性の改善は直ちに効果が表れるものではなく長期間にわたる作付けの反復が必要とされている。間接的作用は、窒素などの緩効性養分の供給、安定腐植と微生物

分泌物質の増加による土壌物理性改善とそれに伴う砕土・易耕性の向上、安定腐植の増加による保水・保肥力の向上などである。(北海道農政部 1994)

緑肥のすき込みの基本はチョッパーでの細断後、プラウですき込み、ロータリーかデスクで整地する。(橋爪 2007) 本研究ではダイコン播種 2 週間前、穂バラミ期にさしかかったエンバクを根元から鎌で刈取り、10~15 cm 程度になるよう押切機で細断した。ヘアリーベッチも同様の処理を施した。細断した緑肥は鋤で軽くすき込んだ後、1 か月後にハンドトラクターでさらにすき込んだ。

2-4 供試作物について (ダイコン 3 品種)

つや風 (タキイ種苗株式会社)

晩抽で低温肥大性にすぐれる。1 月下旬~3 月まきのトンネル栽培、および冷涼地の 5 月まきに好適。トンネル栽培では根長 38 cm、根径 8 cm 程度でそろいがよく、ス入りも遅いため、秀品率がよく市場性が高い。また、萎黄病などの病害に強く、吸肥力が安定しているため土壌適応性が広く作りやすい。高温期の栽培は生育後半の肥大を鈍らせるため適期まきで早どりをねらうのが良い。

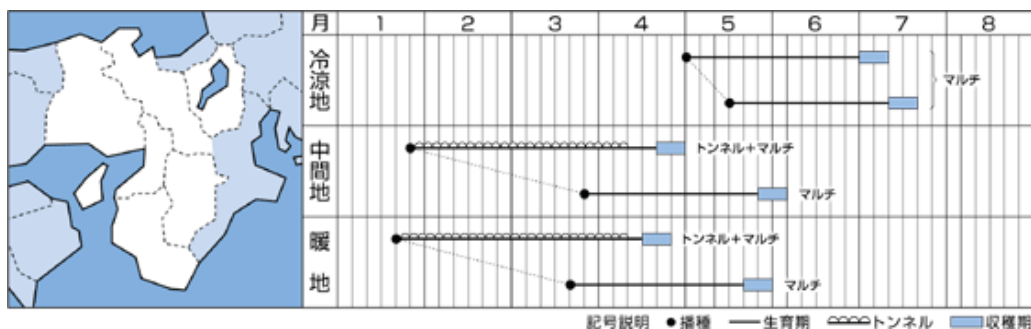


図 2-1. つや風 標準栽培適期

耐病総太り（タキイ種苗株式会社）

良質の青首総太りダイコンの代名詞。作りやすく、特にス入りが遅い。秋の適期栽培では根長 38 cm、根径 8 cm 程度になる。吸肥力は比較的旺盛で、多肥栽培や追肥の遅効きは葉勝ちや空洞症の発生につながるため、作型に応じた施肥を行う。

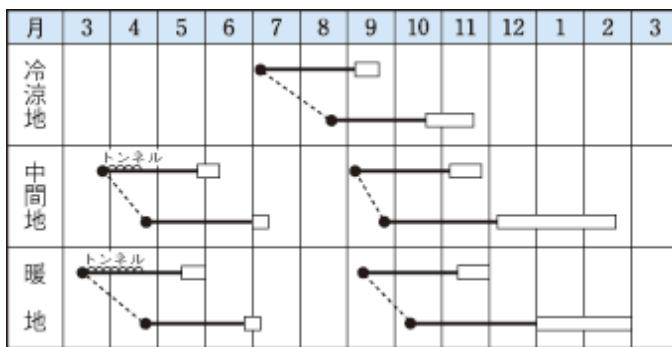


図 2-2. 耐病総太り 標準栽培適期

緑輝（タキイ種苗株式会社）

草勢旺盛で耐寒性にすぐれた、短めの青首総太り型ダイコン。秋～冬どりでス入りは遅い。適期栽培では根長 32 cm、根径 8.5 cm 程度になり、尻づまりは良好。秋の早まきは葉勝ちになりやすいため、基肥を少なくし、追肥重点とする。

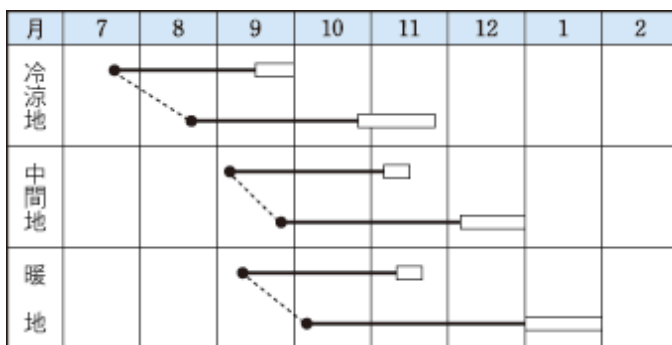


図 2-3. 緑輝 標準栽培適期

2-5 試験期間

表 2. 作業歴

	リビングマルチ (つや風)	刈り倒し (耐病総太り)	すき込み (緑輝)
施肥	2015年5月8日	2015年6月19日	2015年7月26日
操作	全緑肥播種	エンバク刈り倒し	緑肥すき込み
	2015年5月23日	2015年7月24日	2015年7月28日 (1回目、鍬による手作業)
			2015年8月29日 (2回目、ハンドトラクター)
播種	2015年6月2日	2015年7月3日	2015年8月14日
収穫	2015年8月7日	2015年9月29日	2015年10月27日

2-6 項目と方法

A 生育観察

一週間毎に、各区中央畝の連続する10株のダイコンの草丈を計測し記録した。ダイコン1株で最も長い葉を草丈とし、折尺を用いて計測した。

温度記録ロガー「おんどとり TR-52」により、精密圃場の気温と地温を測定した。

B ダイコン品質検査

(1) 外観品質検査

3 畝のうち中央部で栽培された連続する 10 株のダイコンを収穫し、外観品質検査のサンプルとして用いた。

1) 茎根長

ダイコンの茎部・主根部の長さを巻尺で計測した。

2) 根径

主根部の最も太い部分をノギスで計測した。

3) 葉長

すべての葉をまとめ、最も長い葉の根元から葉先までの長さを巻尺で計測した。

4) 総重量

枯死した葉や虫を落とし、葉部と茎根部に切り分けた後電子天秤に乗せ計測した。

5) 茎根重

総重量を計測する際に切り分けた茎根部を電子天秤に乗せ計測した。

6) 葉重

先に計測した総重量から茎根重を差し引き葉重とした。

(2) 内部品質検査

外観品質検査に用いた 10 株から 5 株を無作為に選び、それぞれ茎根部の中心部分おおよそ 5 cm を、皮を剥いた後、プラスチック製おろし金ですりおろした。そのおろしダイコン及び汁を内部品質検査に用いた。

1) 糖度

おろしダイコンと搾汁をよく混ぜた後、搾汁を少量(0.3 ml)とりポケット糖度計(ATAGO 製 PAL-1)で測定した。

2) ポリフェノール濃度

プラスチック遠心管におろしダイコン及び搾汁 10 g を入れ、そこに純水 10 ml を添加し軽く振り混ぜ試料液とした。

発色操作

試料液を 2ml マイクロチューブ(KUBOTA テーブルトップマイクロ遠心管 3500)を用い 15,000 rpm の遠心分離後、25 μ l をディスプレイセル中にとり、フェノール試薬 0.4 ml、20 %炭酸ナトリウム溶液 2 ml を添加、30 分間静置後 765 nm の吸光度を測定した。

検量線

フロログルシノール(1,2,5-trihydroxybenzen) 0 , 48.6 , 97.2 , 145.8 , 194.4 , 243ppm 標準液で作成した。

試薬

(a) フェノール試薬

キシダ化学製タンパク定量用フェノール試薬(2 N)を純水で2倍希釈し、1 N 溶液とした。

(b) 炭酸ナトリウム希釈液

20%濃度

3) 水溶性 K

ポリフェノール測定に用いた試料液から適量とり K⁺コンパクトイオンメーター LAQUAtwin B-731 K⁺ (HORIBA 製)で測定した。

4) 水溶性 Ca

ポリフェノール測定に用いた試料液から適量とり Ca²⁺コンパクトイオンメーター LAQUAtwin B-751 Ca²⁺ (HORIBA 製)で測定した。

5) ビタミン C (アスコルビン酸) 濃度

プラスチック遠心管におろしダイコン及び搾汁 10 g を入れ、そこに 10%メタリン酸 10 ml を添加し軽く振り混ぜる。これを試料液とする。試料液を 2ml マイクロチューブにとり 15,000 rpm で遠心分離後 RQ フレックスプラス 10(関東化学株式会社製)でアスコルビン酸濃度を測定した。試験紙には Reflect Quant Ascorbic Acid Test を用いた。

C 実験圃場の作土層における土壌化学性の変化

(1) 栽培前土壌

ホクレン式採土器を用いて各区 5 箇所(周辺 4 箇所、中央 1 箇所)から、深さ 20cm までの土壌を採取。採取した土壌を耐熱トレイに広げ 50℃の乾燥機中で 1 週間乾燥させ風乾土にした後、2 mm のフルイを通過させた。

以下の土壌分析は全て、日本土壌肥料学会監修「土壌環境分析法」(博友社 1997)に準拠して行った。

1) 土壌 pH(H₂O) : ガラス電極法

プラスチック遠心管にサンプル土壌 10 g をとり脱イオン水 25 ml を添加した。30 分間振とう後、卓上型 pH メーター LAQUA F-72L (HORIBA 製)で測定した。

2) 土壌 pH(KCl) : ガラス電極法

プラスチック遠心管にサンプル土壌 10 g をとり 1N KCl 25 ml を添加した。30 分間振とう後、卓上型 pH メーター LAQUA F-72L (HORIBA 製)で測定した。

3) 土壌 EC : 水浸出法

プラスチック遠心管にサンプル土壌 6 g をとり脱イオン水 30 ml を添加した。1 時間振とう後、静置し、上部懸濁液の EC を EC メーター(Eutech 製 Cyber Scan CON110)を用いて測定した。

4) リン酸吸収係数 : リン酸アンモニウム液法

プラスチック遠心管にサンプル土壌 5 g をとりリン酸吸収原液 10 ml を添加した。1 時間振とう後 1 日静置した。上澄み液から 2 ml をマイクロチューブにとり 15000 rpm で遠心分離した。マイクロチューブから 1 ml を別のプラスチック遠心管にとり、脱イオン水 49 ml を分注器から添加し 50 倍希釈液を作った。

発色操作

50 倍希釈液から 0.6 ml をディスポセル中にとり、バナドモリブデン酸 4 倍希釈液 2.4 ml を添加し、30 分間静置後、440 nm の吸光度を測定した。

検量線

P_2O_5 0 , 80 , 160 , 240 , 320 , 400 mg/L 標準液を KH_2PO_4 で調整し、上記と同様の発色操作により検量線を作成した。

試薬

(a) バナドモリブデン酸 4 倍希釈液

特級メタバナジン酸アンモニウム 1.35 g を沸騰水 250 ml に溶かし、室温まで放冷後、特級硝酸 250 ml を加える。一方、特級モリブデン酸アンモニウム 25 g を熱水 400 ml に溶かし、室温まで放冷後、前者の液に注ぐ。さらに脱イオン水を加えて 1 L とし、褐色びんに保存する。この液を元に 4 倍希釈液を作成した。

5) 可給態リン酸 : Bray No.2 準法

プラスチック遠心管にサンプル土壌 1 g をとり、ブレイ抽出液 20 ml を添加し 1 分間攪拌後すぐにろ紙でろ過した。ろ液から 1 ml を 50 ml メスフラスコ中にとり、ホウ酸液 20 ml、混合発色液 8 ml を添加、脱イオン水で 50 ml に調整し発色させた。

発色操作

発色液を 30 分間静置後、ディスポセルにとり 710nm の吸光度を測定した。

検量線

2 ppm P_2O_5 標準液を 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml ずつ 50 ml メスフラスコ中に採取し、試料液と同様に発色させた。

試薬

(a) 混合発色液

特級 L-アスコルビン酸 1.76 g を脱イオン水に溶かし 100 ml にした。尚この溶液は一日以内に使用した。

2.5 M 硫酸 100 ml に 4.44 % モリブデン酸アンモニウム液 30 ml を添加、混合後、1.76 % アスコルビン酸溶液 60 ml、0.28 % 酒石酸アンチモニルカリウム液 10 ml を添加、混合し作成した。

(b) ブレイ法抽出液

フッ化アンモニウム 1.11 g と 1 N 塩酸 100 ml を脱イオン水 1 L に溶解して作成。

6) 交換性陽イオンの抽出

あらかじめプラスチック遠心管の空の重さを測り記録した。0.05 M 酢酸アンモニウム 0.0114 M SrCl_2 混液にひたしておいた綿球、ろ紙パルプをムロマック L カラムに詰め酢酸アンモニウム 5 ml を注入した。そこへサンプル土壌 1 g を入れろ過。その後酢酸アンモニア 5 ml 注入を継続して 3 回行い、約 20 ml の酢酸アンモニウム抽出液を得た。抽出液採取後のプラスチック遠心管の重さをもう一度測定し、採取した抽出液の重量を正確に求めた。

交換性 Mg 定量のための発色操作

抽出液から 0.5 ml をディスポセル中にとり、Dr.ソイル Mg 検定試薬 A を 1.5 ml 添加、軽く振り混ぜ、Dr.ソイル Mg 検定試薬 B を 0.5 ml 添加後再び振り混ぜた。

5 分間静置後 550 nm の吸光度を測定した。

検量線

Mg 5, 10, 15, 20, 25 ppm 標準液で作成した。これらの標準液は原子吸光分析用 Mg 標準液(1000 ppm)を 0.05 M 酢酸アンモニウム・0.0114 M SrCl₂ 混液で希釈して調整した。

試薬

(a) 0.05 M 酢酸アンモニウム 0.0114 M SrCl₂ 混液

酢酸アンモニウム 3.85 g、SrCl₂・6H₂O 3.04 g を脱イオン水 1 L に溶解し作成した。

7) K⁺濃度

K⁺コンパクトイオンメーターLAQUAtwin B-731K⁺ (HORIBA 製)で測定した。イオンメーターは 0.05 M 酢酸アンモニウム・0.0114 M SrCl₂ 溶液に溶解して調整した 150 ppm および 2000 ppm K⁺標準液を用いて校正した。

8) Ca²⁺濃度

Ca²⁺コンパクトイオンメーターLAQUAtwin B-751Ca²⁺ (HORIBA 製)で測定した。イオンメーターは 0.05 M 酢酸アンモニウム・0.0114 M SrCl₂ 溶液に溶解して調整した 150 ppm および 2000 ppm Ca²⁺標準液を用いて校正した。

9) CEC 定量：インドフェノール法

サンプル土壌 1 g をショーレンベルガー法によって 1 N 酢酸アンモニウム溶液 20 ml、80 % エタノール 10 ml で洗浄した後、約 20 ml の 10 % KCl 抽出液を得た。採取前後のプラスチック遠心管の重量から、採取した 10 % KCl 抽出液の重量を求めた。抽出液から 0.5 ml を 50 ml メスフラスコ中にとり脱イオン水を加え 50 ml に調整(100 倍希釈)し、試料液とした。

発色作用

試料液 0.5 ml をディスポセル中にとり、インドフェノール法用緩衝液 1.5 ml、サリチル酸・ニトロプルシッド試薬 0.5 ml を添加し、30°C に設定した恒温器中に 10 分間静置した。その後、次亜塩素酸ナトリウム 0.2 ml を添加、25°C 以上で 30 分間静置後 660nm の吸光度を測定した。

検量線

NH_4^+ 0, 1, 2, 3, 4, 5 ppm 標準液で作成した。

試薬

(a) インドフェノール法用緩衝液

Na_2HPO_4 1.42 g、NaOH 1.4 g、酒石酸カリウムナトリウム 5.08 g を脱イオン水に溶解して 100 ml にした。

この割合で必要量の緩衝液を作成した。

(b) サリチル酸・ニトロプルシッド試薬

サリチル酸ナトリウム 20 g、ニトロプルシッドナトリウム 30 mg を 100 ml の脱イオン水に溶解し作成した。

(c) 次亜塩素酸ナトリウム

市販のもの(有効塩素 5.2 %)を使用した。

10) 土壤有機炭素：修正法

乳鉢を用いてサンプル土壌をよく粉砕し、0.2 mm のフルイを通過させた。ここから 100 mg をネジ栓つき試験管に採取した。0.167 M K_2CrO_7 2 ml、18 M H_2SO_4 (濃硫酸) 4 ml を試験管に加え、Vortex ミキサーで 10 秒間攪拌後、135°C に調節したブロックヒーター上で 30 分間加熱した。

放冷後、14 ml の脱イオン水を加え容量を 20 ml に調整し、混合後再び放冷した。

Vortex ミキサーでよく攪拌した後、上澄み液を 12000 rpm で遠心分離した。

発色操作

上澄み液をディスポセルにとり、625 nm の吸光度を測定した。

検量線

グルコース 0, 2, 4, 6, 8, 10 g を脱イオン水に溶解し、メスフラスコで 100 ml に調整した溶液を標準液とし、ここから 0.1 ml を採取して、上記と同様に発色操作を行った。ただし最後に加える脱イオン水の量は 13.9 ml とした。これにより、各試験管には 0, 0.8, 1.6, 2.4, 3.2, 4.0 mg の炭素が添加されたことになる。

試薬

(a) 0.167 M K_2CrO_7

特級 K_2CrO_7 49.03 g をメスフラスコ中で 1 L の脱イオン水に溶解した。

(b) 18 M H_2SO_4 (濃硫酸)

11) 全窒素

300 ml トールビーカーに微粉碎したサンプル土壌約 100 mg をはかり取った。(この量は土壌の窒素含有量が約 0.3 % の場合の目安の為、窒素含有量の多少により採取量を調節した。)

脱イオン水 1 ml でサンプル土壌を濡らし、濃硫酸 4 ml を添加し全体にしみこませた。過酸化水素 2 ml を添加し、ビーカーに時計皿で蓋をして、ドラフト中のホットプレート上に置き、換気をしながら 300—350°C で加熱した。約 1 時間加熱後ビーカーをホットプレートから降ろして放冷した後、過酸化水素 2 ml を添加した。色が消えるまで、同じ操作を 2 回繰り返した。最後に時計皿をずらして残った過酸化水素をよく飛ばした。

この分解液に脱イオン水約 50 ml を溶解させた後、pH メータを用い 2.5 M NaOH または 2.5 M H_2SO_4 を添加して pH 6~7 に中和した。中和後の溶液は Advantec No.6 定量ろ紙でろ過し、100 ml メスフラスコで受けて容量を 100 ml とした。

12) C/N 比

上記の方法でもとめた土壌有機炭素の値を全窒素の値で除した。

13) NO₃⁻濃度

土壌(風乾土) 6 g に脱イオン水 30 ml を添加し 1 時間振とうした。この上澄液を NO₃⁻コンパクトイオンメーターLAQUAtwin B-742 NO₃⁻(HORIBA 製)による NO₃⁻濃度の測定に供試した。その際センサー部分を専用ろ紙で保護した。

イオンメーターの校正は、専用の 30 ppm および 300 ppm 標準液(Horiba Model Y044 および Y042)で行った。

(2) 栽培後土壌

ホクレン式採土器を用いて、緑輝栽培を行った畝の畝間から 6 箇所、深さ 20cm までの土壌を採取。採取した土壌を耐熱トレイに広げ 50℃乾燥機中で 1 週間乾燥させ風乾土にした。

以降操作は栽培前土壌と同じ

第3章 結果と考察

3-1 栽培期間の気象の概要

耐病総太りを播種した7月3日のおおよそ1週間後から徐々に気温が上昇し、日中35～40℃付近の夏日が続いた。一度30℃付近まで下がったものの、8月初旬に再びピークが訪れ、それに伴いダイコンの種子がある地表10 cm地点の地温も日中25℃付近を示し、また昼夜間で温度差が大きい状態が続いていた。最初のすき込みを行った7月28日以降もしばらく地温25℃が続いていたが8月中旬には温度が下がっていた。

緑輝を播種した8月14日には30℃を超えない比較的涼しい日和が続いていた。また地表10 cm地点の地温においても20℃前後で安定し、夏日が続いていた7月～8月初旬と比較して昼夜間での温度差も小さくなった。8月下旬以降は気温、地温共に徐々に下がってゆき、緑輝を収穫した10月27日には日中でも20℃以下、夜間は氷点下となっていた。地温については10 cm地点で最も低く、40cm地点で最も暖かい結果となった。また、深くなるほど昼夜間での差も小さく安定していた。これらのことから、地表から10 cmは気温の影響を受けやすく、深くなるにつれて影響を受けにくくなっていることがわかる。

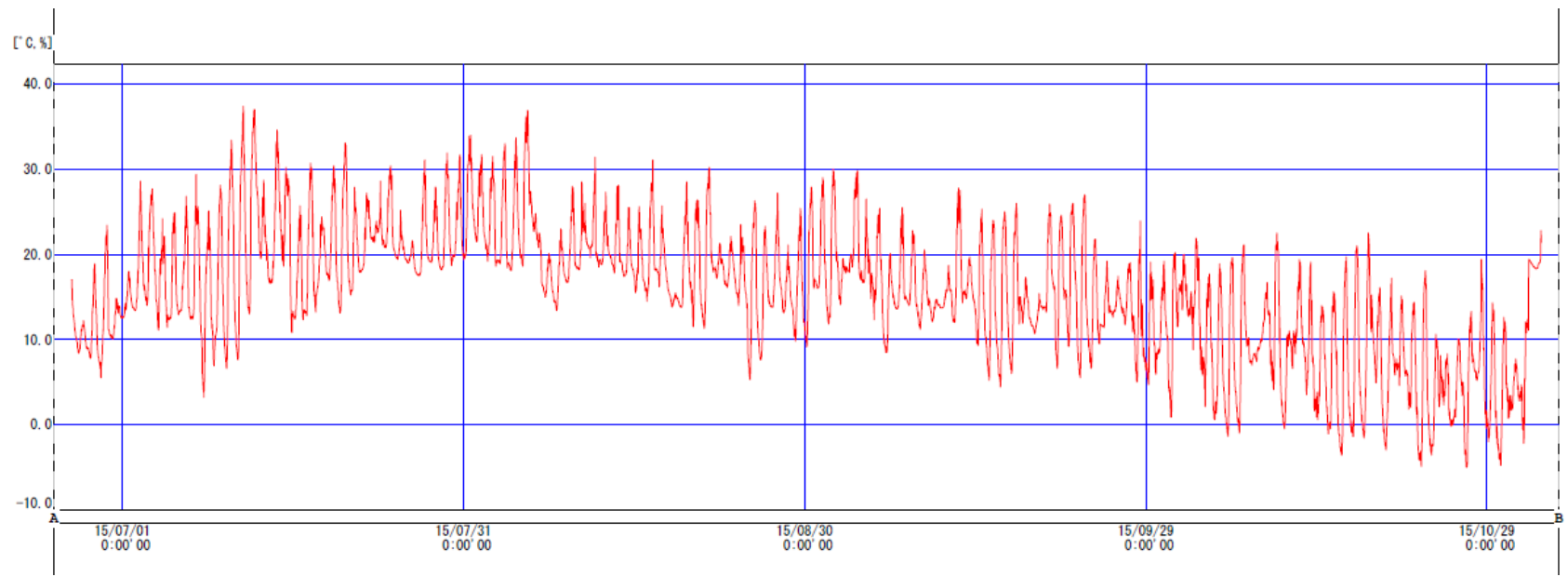


図 3-1. 精密圃場気温

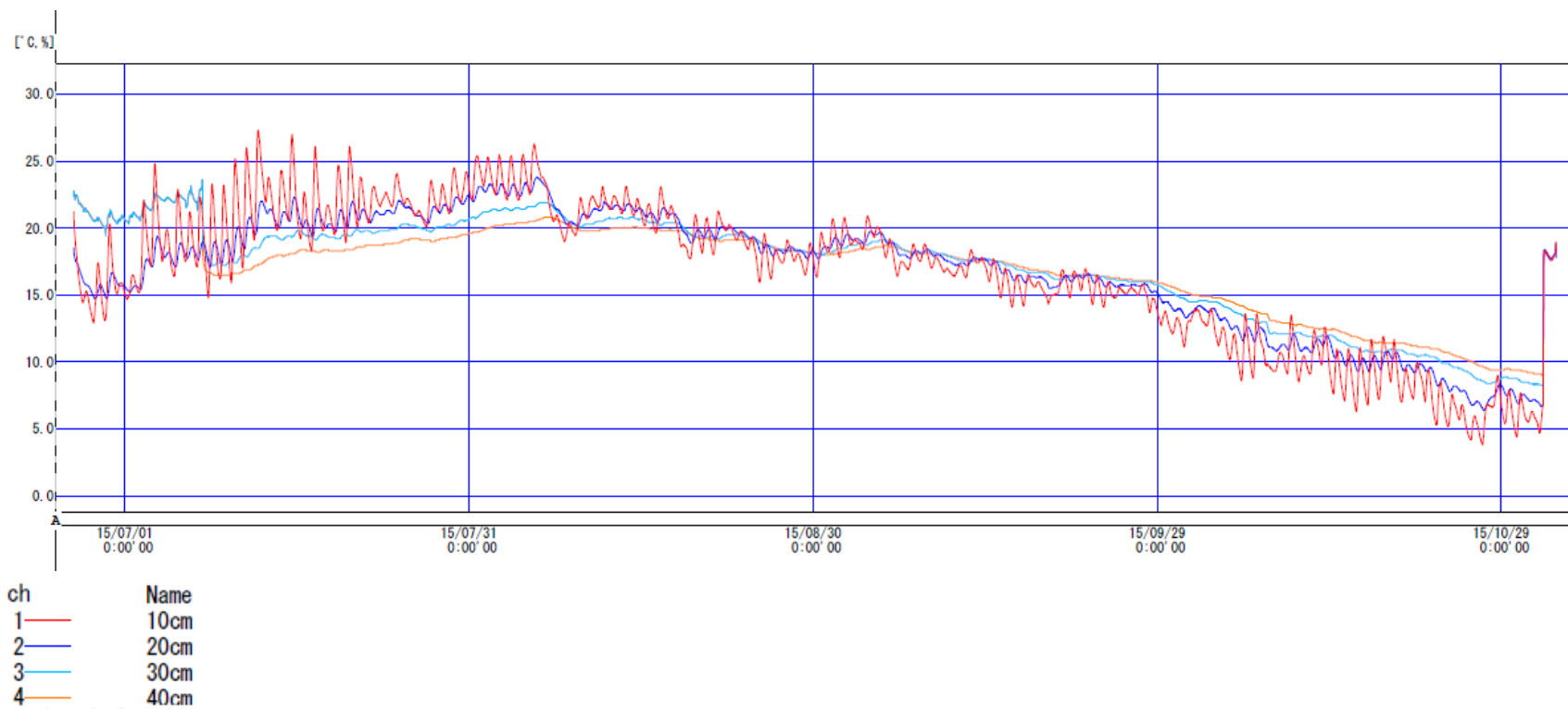


図 3-2. 精密圃場地温

3-2 ダイコンの生育過程

A つや風

つや風において、7月22日までは各区間で顕著な差は見られなかったが、7月29日の調査ではエンバク区が他の区と比較して草丈の生長量が低くなっていた。

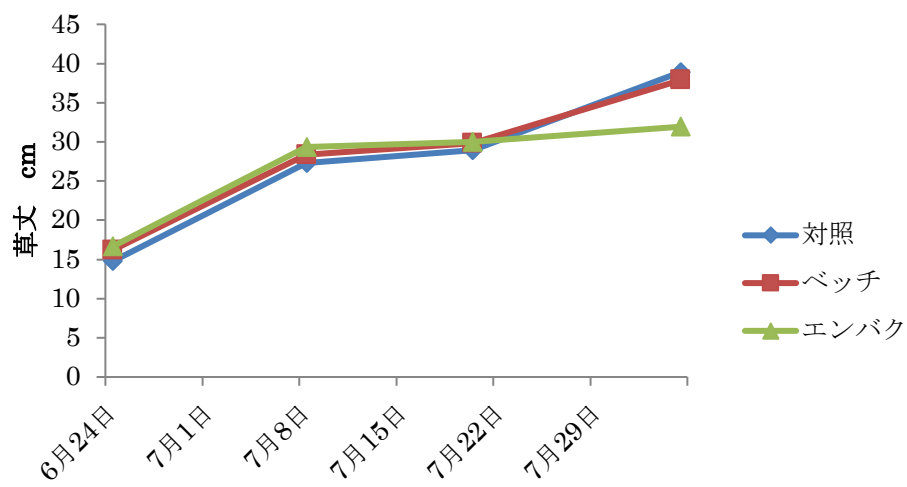


図4-1. つや風生育過程

B 緑輝

緑輝においては緑肥の有無による草丈の顕著な違いは見られなかった。これは緑肥を刈り倒したため、どの区も受光体制に違いがなかったためと考えられる。

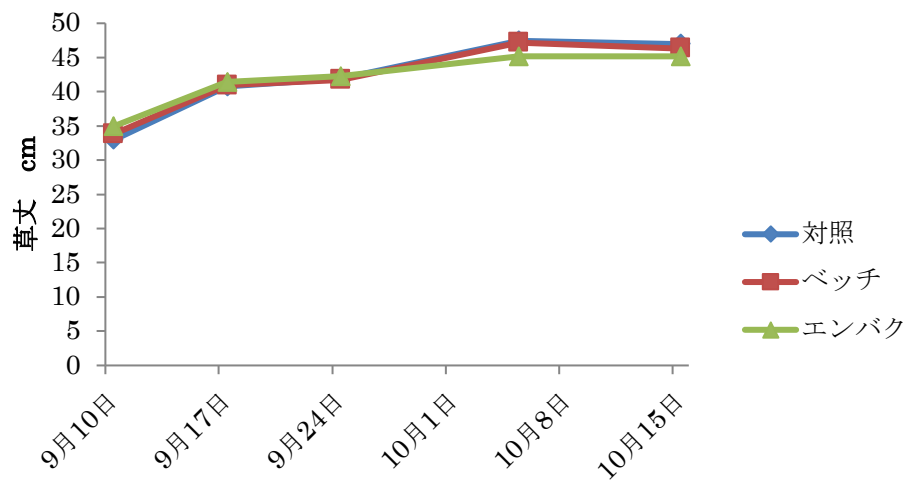


図4-2. 緑輝生育過程

3-3 ダイコンの外観品質

以下のデータの統計処理にあたっては、全て一元配置分散分析と Tukey-Kramer の HSD 検定を用いた。統計ソフトは JMP10 を用いた。

A つや風

緑肥をリビングマルチとして利用した場合、ダイコンは対照区、ヘアリーベッチ区、エンバク区の順に小型化していったことから(図 5-1~6)、ダイコンの生育が緑肥によって阻害されたことが考えられる。生育観察の結果(図 4-1)から分かるように、草丈においては区ごとの差異はあまり見られなかったが、葉長(図 5-3)、葉重(図 5-6)は対照区>ベッチ区>エンバク区の順に著しく減少していた。茎根部の生育への影響は茎根重(図 5-5)に見られるように、葉部よりもさらに著しかった。このことから、主に生育後期の茎根部の肥大を緑肥が阻害したものと考えられる。観察していると、特にエンバク区はエンバクの草丈が高かったことから日当たりが良好とはいえ、対照区と比較してダイコンの葉は細く、上に向かって伸びていた。日照確保を優先としたため茎根部の生育がなおざりにされたことが考えられる。生育観察の結果でも日照不足が生育後期に影響したものといえる。

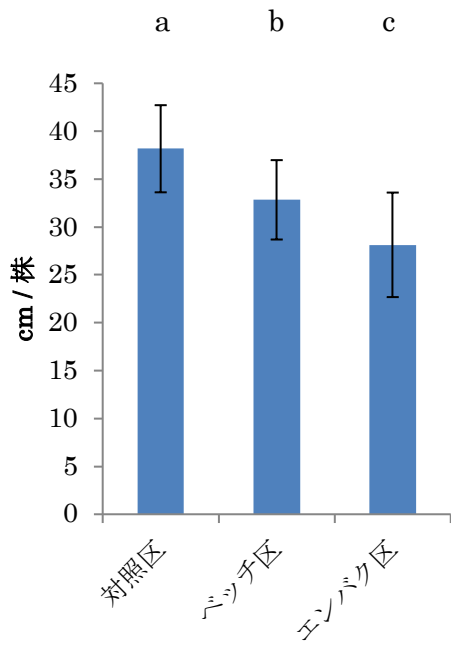


図5-1. つや風の茎根長

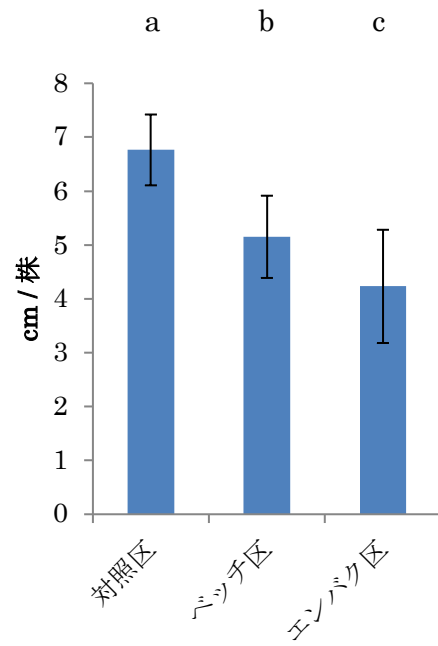


図5-2. つや風の根径

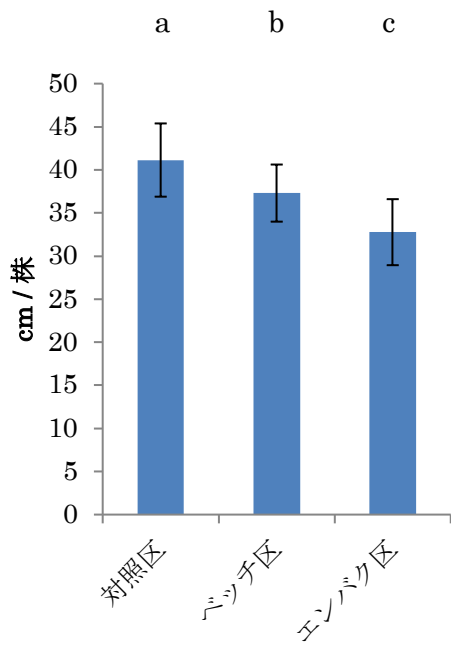


図5-3. つや風の葉長

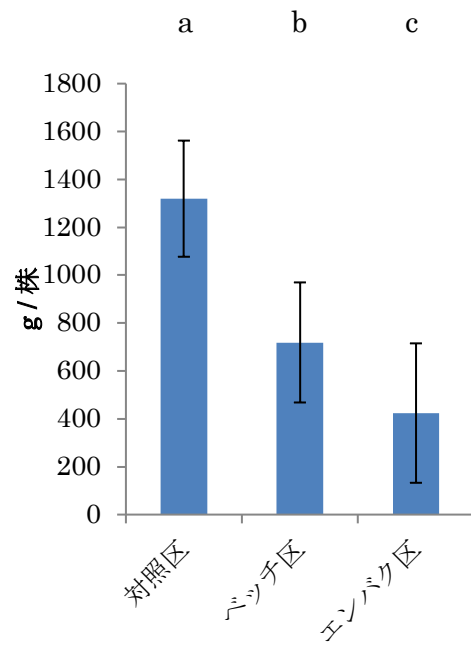


図5-4. つや風の総重量

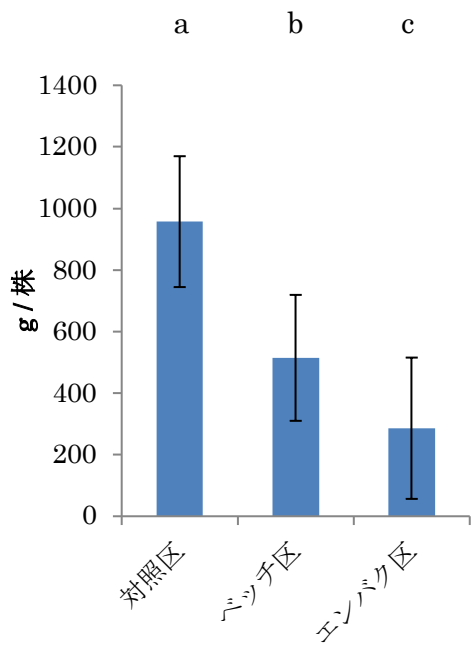


図5-5. つや風の茎根重

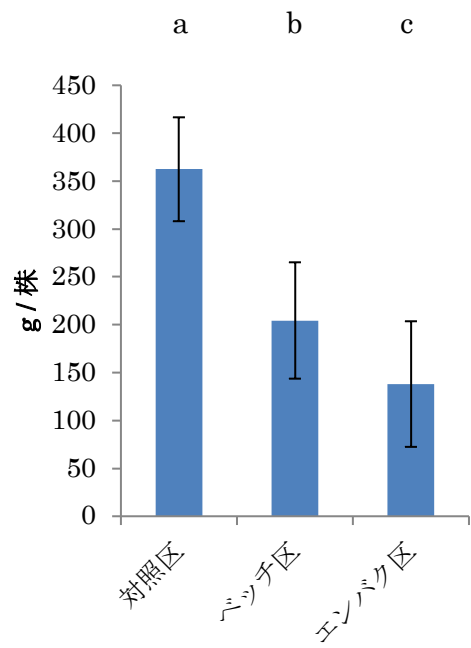


図5-6. つや風の葉重

B 耐病総太り

緑肥を刈り倒し・枯死させた場合にも、リビングマルチ同様、緑肥栽培区でダイコンが小型化する傾向がみられた(図 6-1~6)。特に葉部についてはベッチ区では対照区と比較して葉長が短く、葉重に関してはエンバク区で小さくなっていた。茎根重はベッチ区で小さくなっていたことから、総重量がベッチ・エンバク区共に似たような結果となったものと考えられる。エンバク区においてエンバクを刈り倒したのは、耐病総太りを播種した 7 月 3 日から 21 日後の 7 月 24 日であったが(表 2)、エンバク区の茎根部がベッチ区より大きくなったのは、生育後半期における光遮閉がエンバクを刈り倒したことによって弱まったことが原因として考えられる。対照区におけるデータのばらつきが緑肥栽培区と比較して大きかった要因として、ダイコンの初期生育時期であった 7 月上旬~中旬に 40℃近い夏日が続いており、発芽、生育にばらつきが生まれたことが考えられる。対照区の土が乾燥していたとき、緑肥はまだ刈り倒す前であったため緑肥の畝間の土は湿っていた。そういった圃場被覆による保湿力の差が、ばらつきの程度に影響を与え、緑肥区ではダイコンの発芽および初期生育が揃ったものと考えられる。また、乾燥条件下ではダイコンの根重は小さく、糖、ビタミン C が高くなる(Park ら 1984)という研究結果があり、実際、茎根長(図 6-1)、葉長(図 6-3)とビタミン C(図 9-4)の項目で対照区と緑肥栽培区との有意差がなくなっていた。

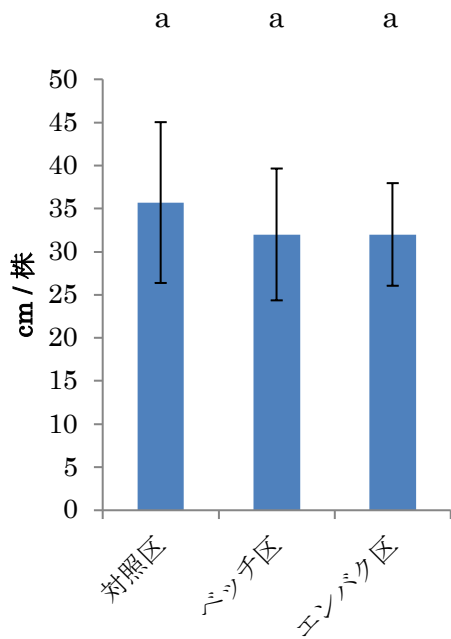


図6-1. 耐病総太りの
茎根長

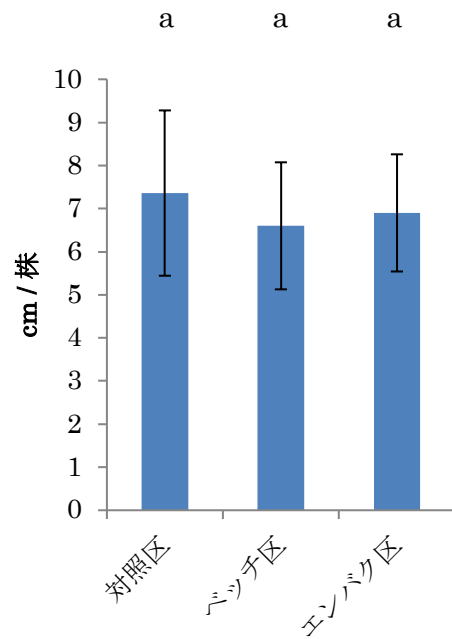


図6-2. 耐病総太りの
根径

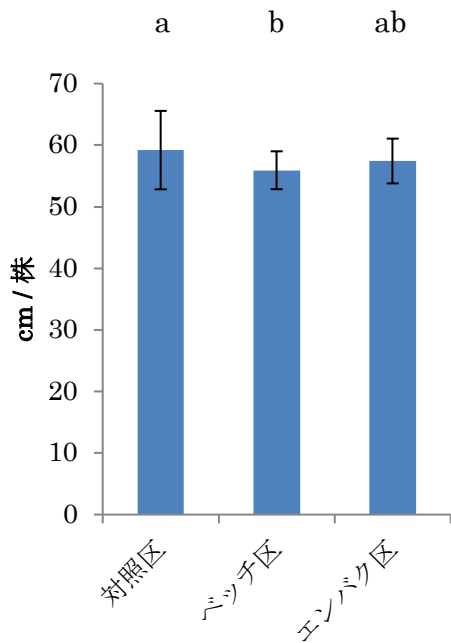


図6-3. 耐病総太りの
葉長

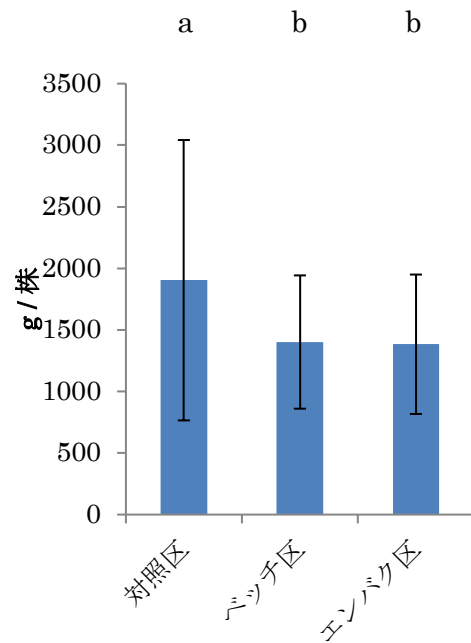


図6-4. 耐病総太りの
総重量

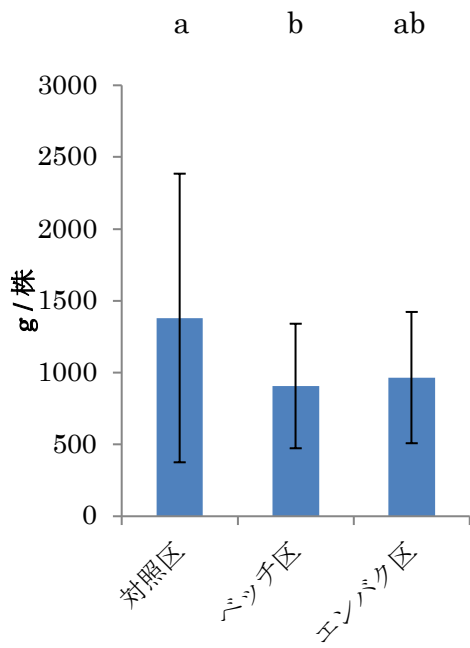


図6-5. 耐病総太りの
茎根重

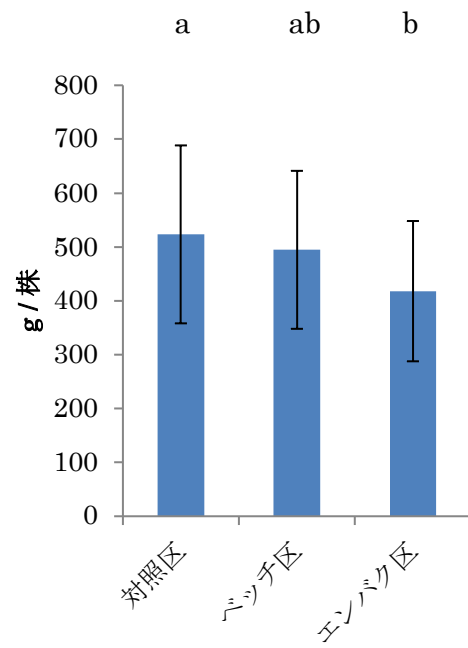


図6-6. 耐病総太りの
葉重

C 緑輝

緑肥をすき込んだ場合、緑肥栽培区のダイコンが多少小型化したものの、リビングマ
ルチや刈り倒しなど、他の利用法と比較してその差は小さかった(図 7-1~6)。ただ、すき込
みの場合もエンバク区は葉重が小さくなる傾向があったため(図 7-6)、エンバクを播種した
場合、利用法にかかわらず、ダイコンの葉重に何らかの影響を及ぼしたことが考えられる。
生育観察(草丈)の結果においては、緑肥による影響は見られなかった(図 4-2)。また、エン
バクについては、エンバク緑肥のすき込みによるダイコンの生育促進効果は大きくないと
いう研究結果もある(藤井ら 2006)。本研究においてはヘアリーベッチにおいても同様の傾
向が認められた。

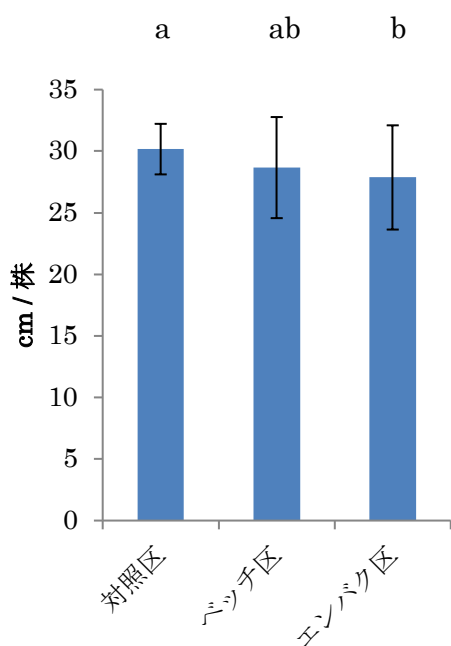


図7-1. 緑輝の茎根長

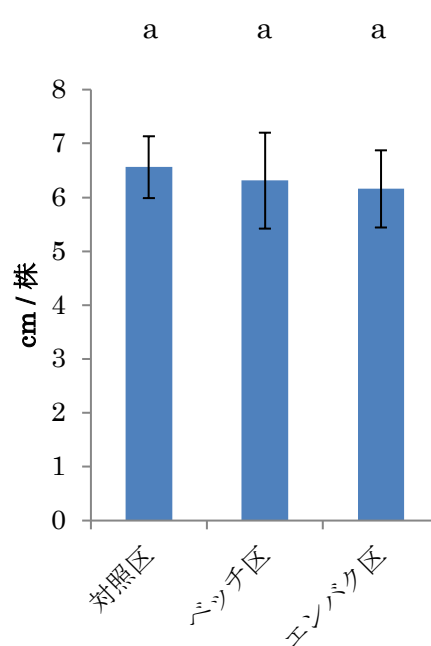


図7-2. 緑輝の根径

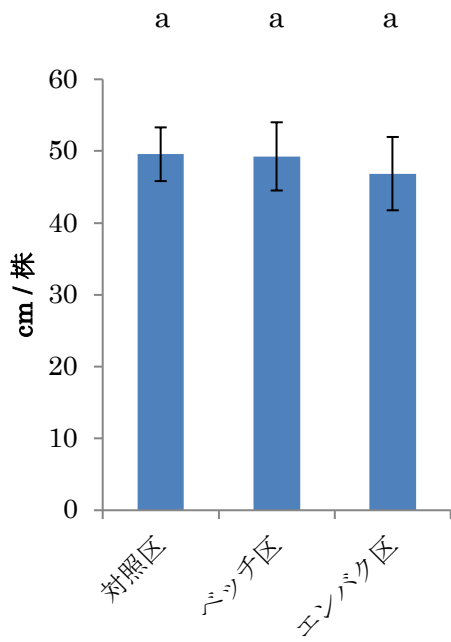


図7-3. 緑輝の葉長

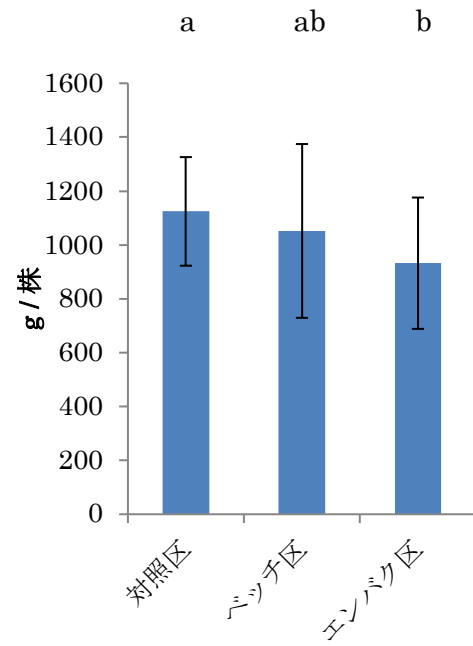


図7-4. 緑輝の総重量

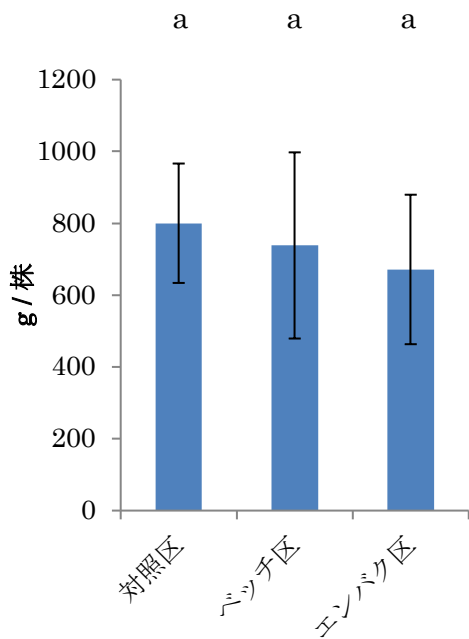


図7-5. 緑輝の茎根重

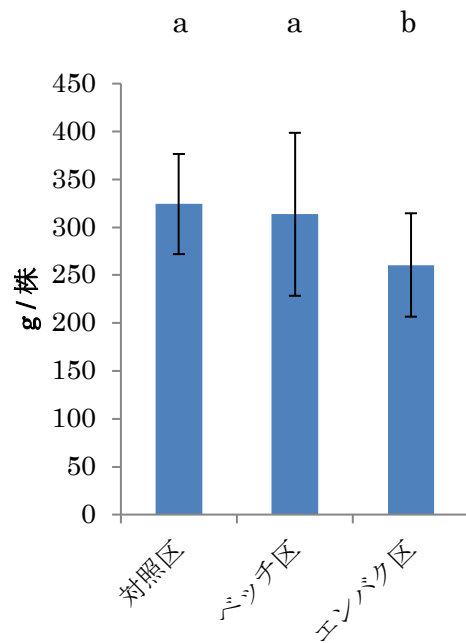


図7-6. 緑輝の葉重

3-4 ダイコンの内部品質およびダイコン軟腐病発生との関係について

ほとんどの緑肥利用法において、全糖・ビタミンCの増大とダイコン茎根部の小型化との間に関連性が見られた。このことから小型化による内部成分の濃縮、あるいは大型化に伴う内部成分の希釈等の理由が考えられる。リビングマルチの場合はエンバク区のみにおいて、刈り倒し・枯死の場合はベッチ区・エンバク区においてポリフェノールの増大がみられた(図 8-5,9-5,10-5)。すき込みの場合はエンバク区のみで水溶性 Ca の増大がみられた(図 10-3)。

本研究では、特につや風および耐病総太りの栽培時にダイコンの軟腐病の発生が見られた(表 3)。軟腐病は高温時や土壌湿度が高い環境で発生しやすいとされている。元々ベッチ区はエンバクと比較して被覆性が優れているため、他の区と比較して水はけが悪かった。それが起因してか、つや風においてはベッチ C 区で最初の罹病株がみられ、その後の耐病総太りの栽培では対照 B・C、エンバク B・C で罹病株がみられた。しかし表 3 より、軟腐病罹病数が抑えられた区と、内部品質検査によって茎根部のポリフェノールの含量が高かった区が一致しており、また、他 2 品種と比較して品種自体のポリフェノール含量が多かった緑輝では軟腐病の発生が抑制される傾向が認められた。軟腐病に抵抗性の品種は、根内部にポリフェノール含量が高いという傾向がみられ、抵抗性発現との関連が推察されるとする研究結果もあることから(小松ら 2004)、エンバクの間作や、ベッチ・エンバクの枯死利用法がダイコンのポリフェノールを増大させ、軟腐病を抑制したということも可能性として考えられる。ただ本研究では、1 利用法あたり各区 3 畝と畝の数が少なかったことから、確証を得るためには畝の数を増やして実験を行い、緑肥によるポリフェノール増大と軟腐病の発生率の相関をさらに検討する必要がある。

表3 各区30株中の軟腐病発生数

試験区	つや風	耐病総太り	緑輝
対照区	0	3	0
ベッチ区	6	0	0
エンバク区	0	2	0

A つや風

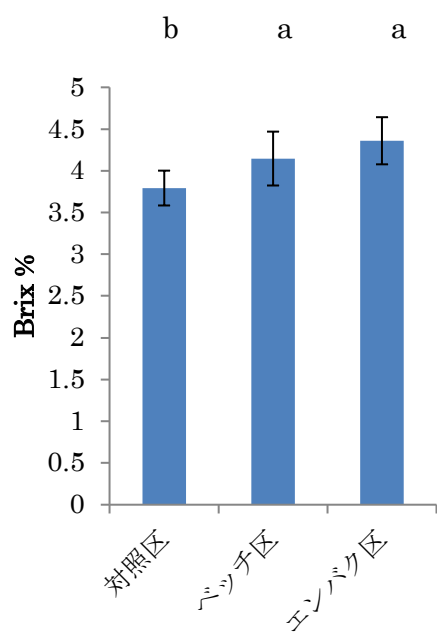


図8-1. つや風の全糖

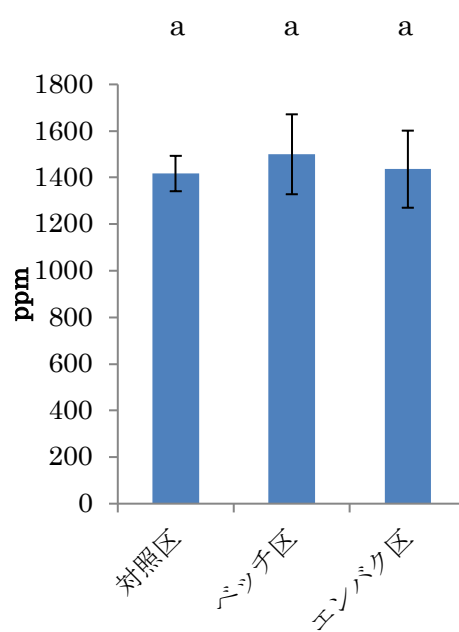


図8-2. つや風の水溶性K

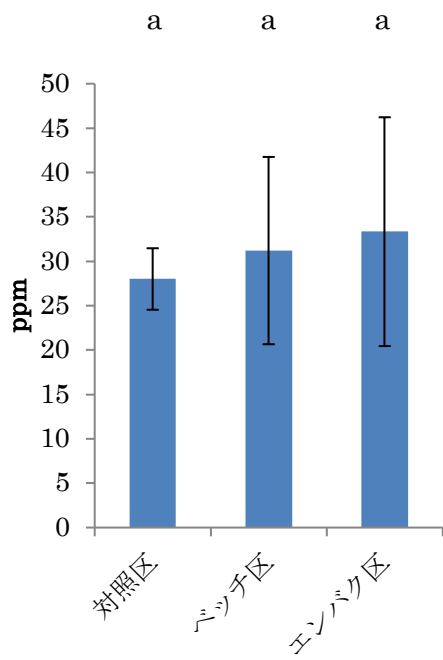


図8-3. つや風の
水溶性Ca

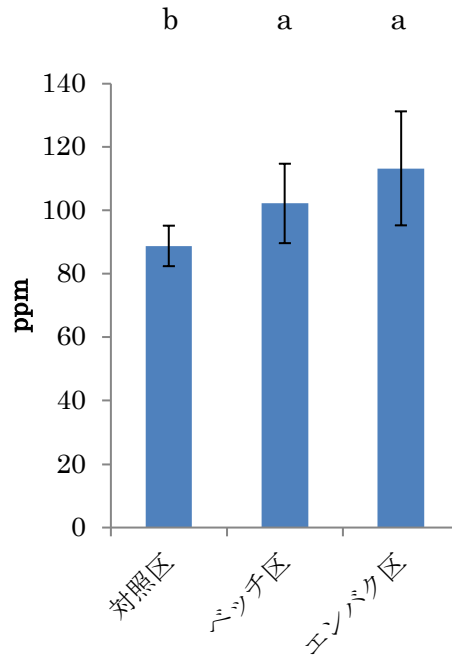


図8-4. ダイコンの
ビタミンC

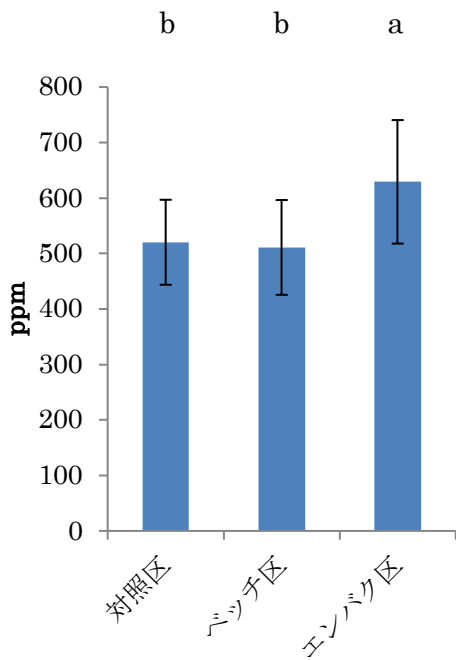


図8-5. つや風の
ポリフェノール

B 耐病総太り

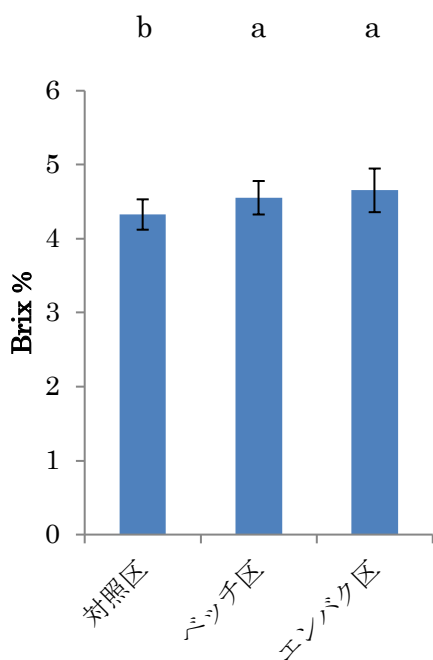


図9-1. 耐病総太りの全糖

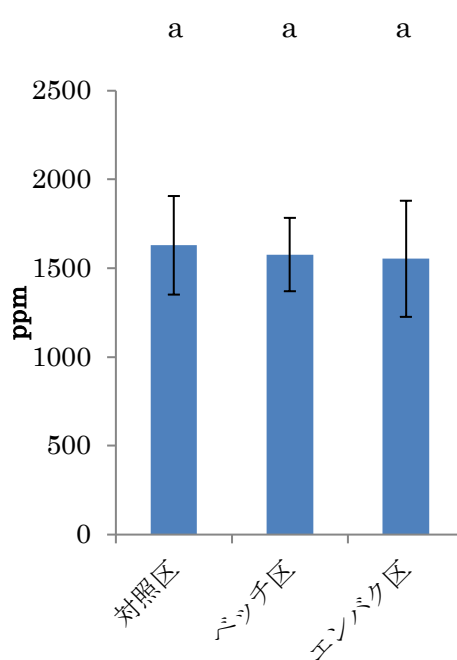


図9-2. 耐病総太りの水溶性K

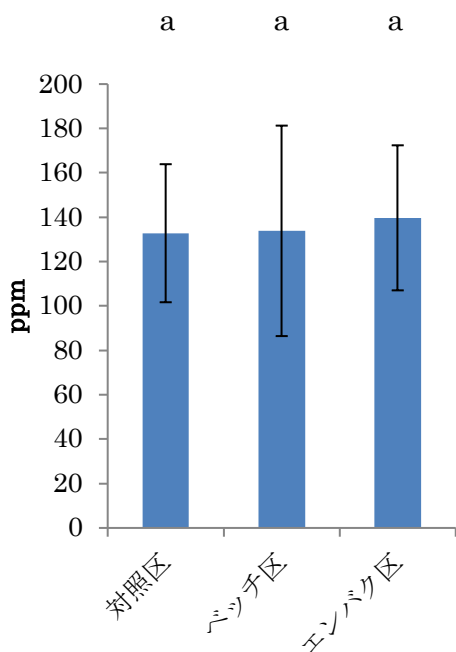


図9-3. 耐病総太りの水溶性Ca

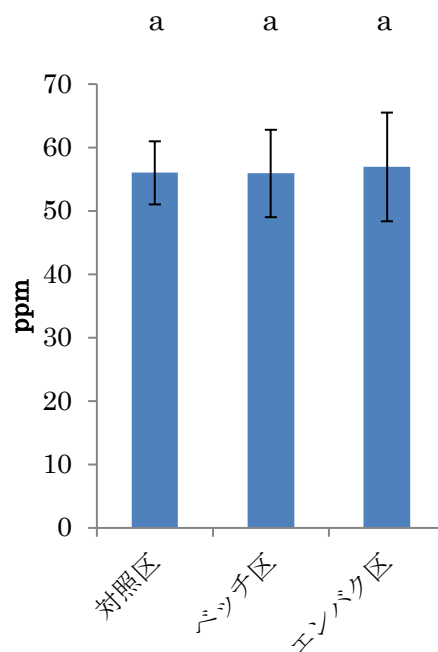


図9-4. 耐病総太りのビタミンC

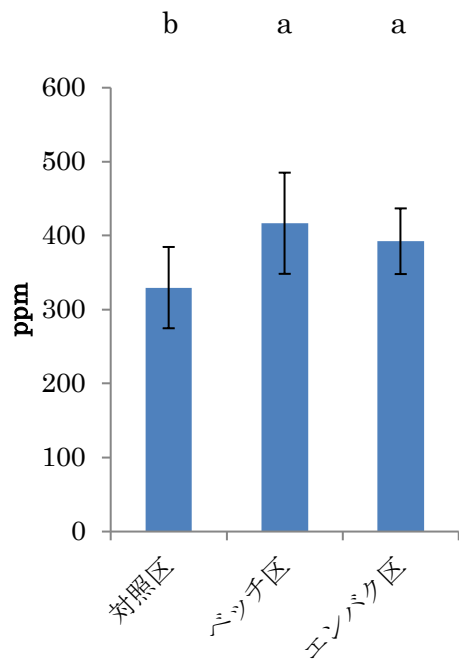


図9-5. 耐病総太りの
ポリフェノール

C すき込み：緑輝

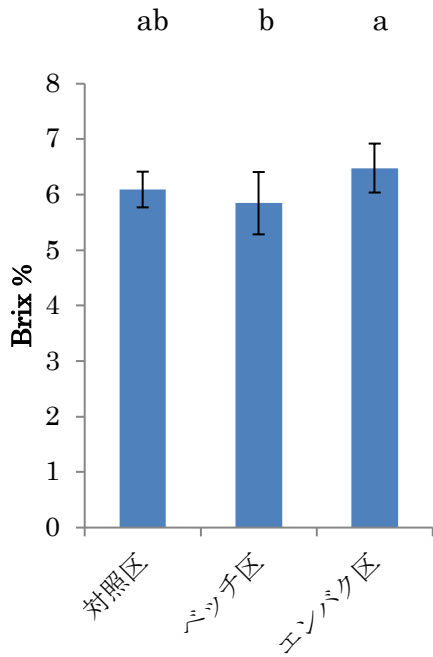


図10-1. 緑輝の全糖

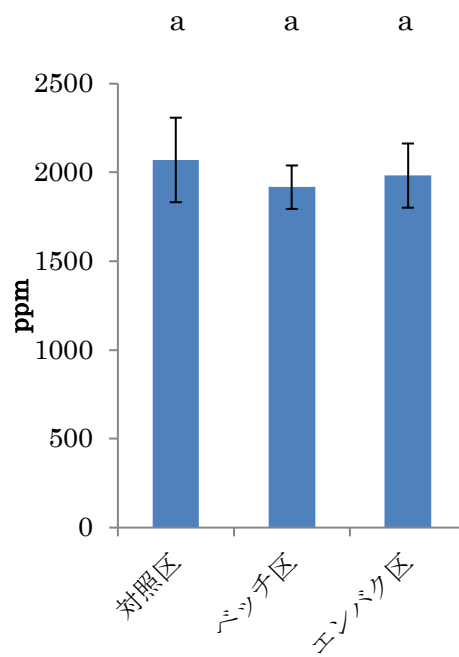


図10-2. 緑輝の水溶性K

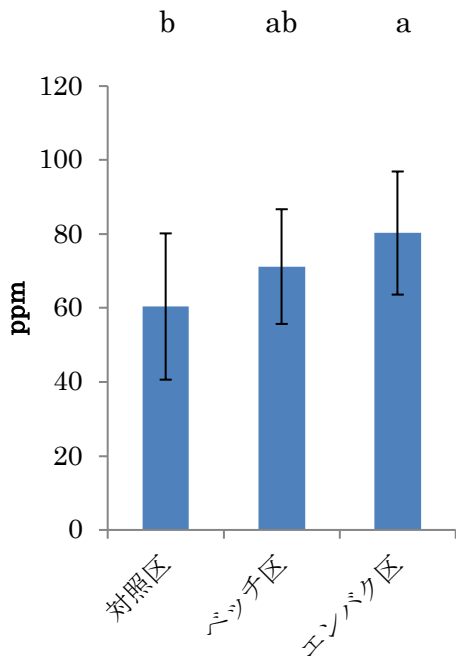


図10-3. 緑輝の水溶性Ca

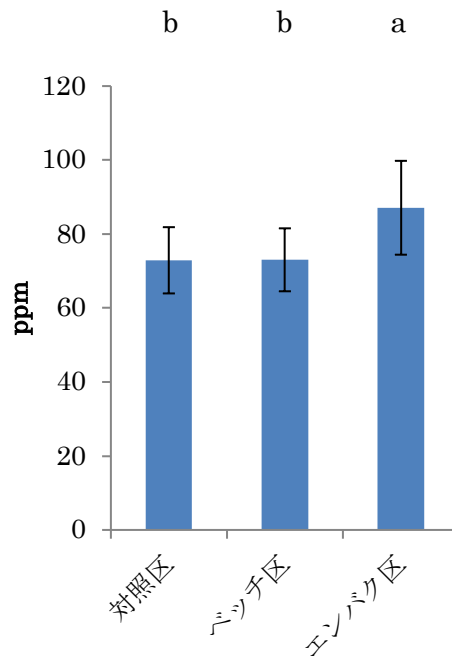


図10-4. 緑輝の水溶性ビタミンC

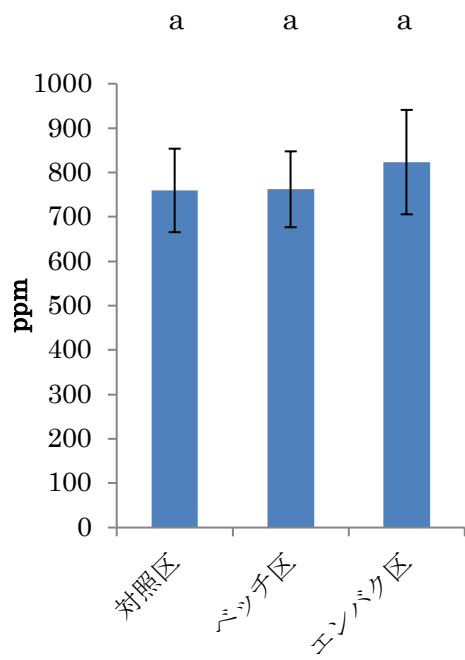


図10-5. 緑輝の
ポリフェノール

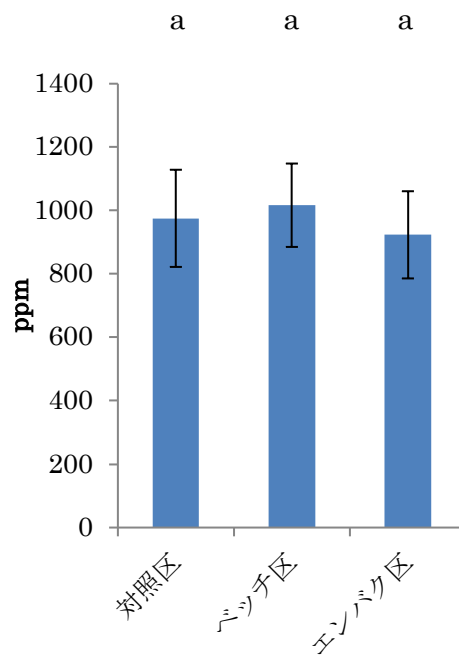


図10-6. 緑輝の
硝酸態窒素

3-5 ダイコン栽培前後の土壤化学性の変化

各区土壤化学性データの統計分析の結果、緑輝栽培前後による pH(H₂O)の上昇、EC、リン酸吸収係数、交換性 K の減少が認められたが、緑肥を栽培し、すき込んだことの影響は認められなかった。しかし同じ対照区のなかでも ABC 3 列での栽培区の位置の違いによる分析結果の差もあり、そちらの違いについても考察する。

1) pH(H₂O)

全区で栽培後に上昇がみられた(図 11-1~4)。これはリン酸肥料の苦土重焼リンやアルカリ資材の苦土石灰を施肥したことがその原因と考えられる。苦土石灰はもちろん、苦土重焼リンはリン酸以外にマグネシウムやカルシウム、ケイ酸を含んでおり、リン酸肥料でありながら、酸性土壤の土壤改良資材としての効果もある。

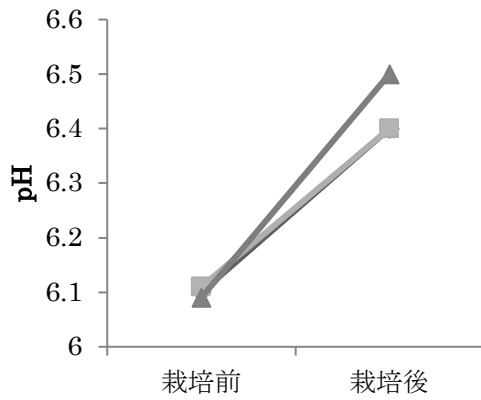


図11-1. 土壌pH(H₂O)の変化 各区A列

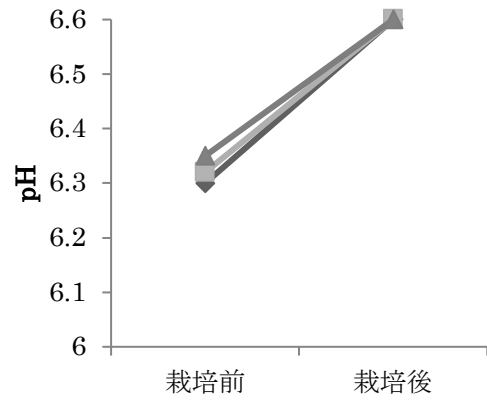


図11-2. 土壌pH(H₂O)の変化 各区B列

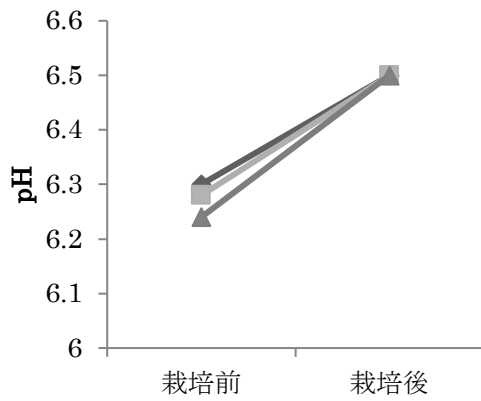


図11-3. 土壌pH(H₂O)の変化 各区C列

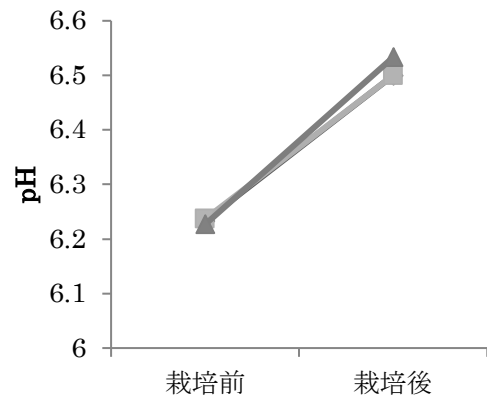


図11-4. 土壌pH(H₂O)の変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

2) pH(KCl)

pH(KCl)は、塩化カリウムを用いて土壌コロイドに吸着されている水素イオンおよびアルミニウムイオンを置換、溶出し、土壌のアルミニウムなどの酸性物質の量に関する値を示すとされている。本研究では全列共通してエンバク区で上昇がみられた(図 12-1~4)。施肥量は各区とも同じであることから、エンバクの栽培とすき込みによって土壌の酸性化が抑制されたことを示している。エンバクによるアルミニウムイオンの吸収あるいは、エンバクの根から分泌された成分によるアルミニウムイオンの錯体化などの可能性が推察される。

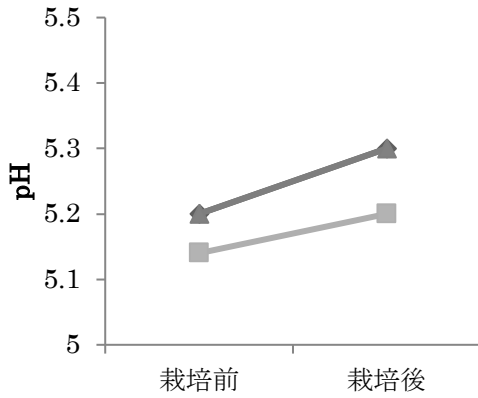


図12-1. 土壌pH(KCl)の変化 各区A列

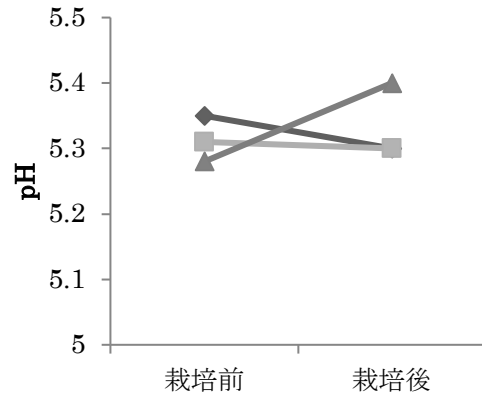


図12-2. 土壌pH(KCl)の変化 各区B列

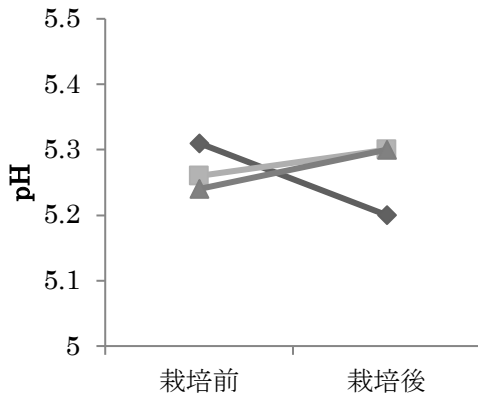


図12-3. 土壌pH(KCl)の変化 各区C列

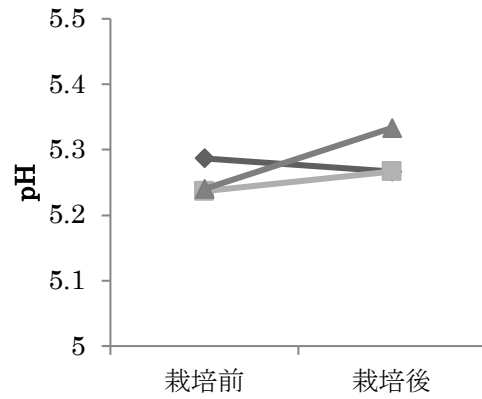


図12-4. 土壌pH(KCl)の変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

3) EC

EC はほぼ全区で栽培後に減少がみられた(図 13-1~4)。本研究では施設栽培と比較して塩類集積が起こりにくい露地栽培だったことや、EC を上昇させにくい有機肥料(パールユーキ)の施用、保肥力(CEC)の高い黒ボク土土壌、そしてカリ肥料として施肥した硫酸カリは硫酸塩であり、塩化カリ等の塩化物より EC を高めにくいとされている。このように EC が上昇しにくい要因が重なったことと、緑肥とダイコンによる塩類の吸収によって、EC が減少したと考えられる。緑肥栽培区と対照区との間で差が無かったのは、クリーニングクロップのように塩類を緑肥に吸収させて圃場外に持ち出すのではなく、すき込んで圃場に還元しているからだと考えられる。

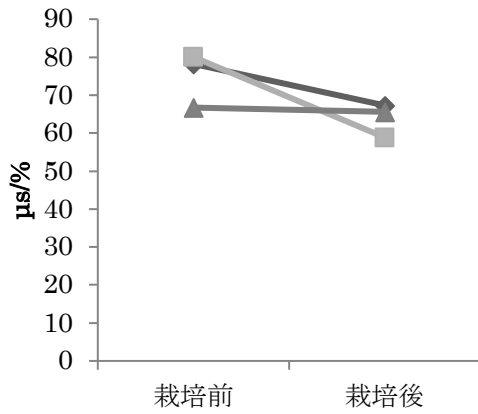


図13-1. ECの変化
各区A列

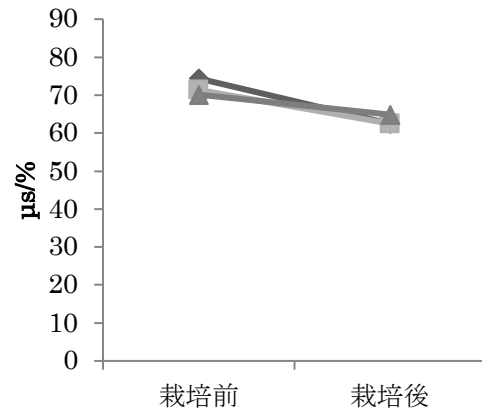


図13-2. ECの変化
各区B列

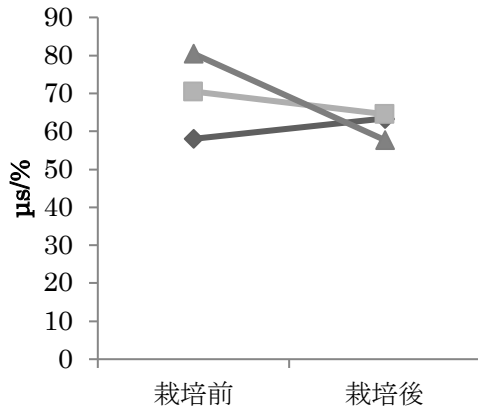


図13-3. ECの変化
各区C列

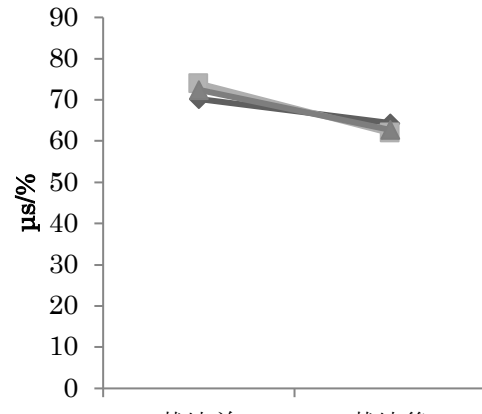


図13-4. ECの変化
各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

4) リン酸吸収係数

本実験で使用した圃場の土壌は淡色黒ボク土に分類され、活性アルミニウムを多く含んでいることから、リン酸吸収係数が平均 1500 と高い値を示したが、栽培後の土壌では全区でリン酸吸収係数の減少がみられた(図 14-1~4)。その原因として活性アルミニウムの減少が考えられる。本実験では栽培後全ての区で $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が上昇していたことから、 pH の上昇により活性アルミニウムの存在形態および荷電状態が変化し、リン酸を吸着しにくくなったことが推察される。

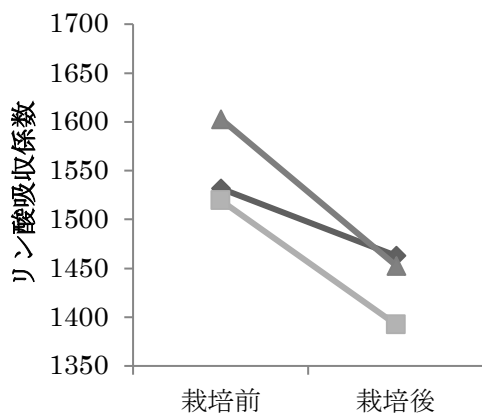


図14-1. リン酸吸収係数の変化 各区A列

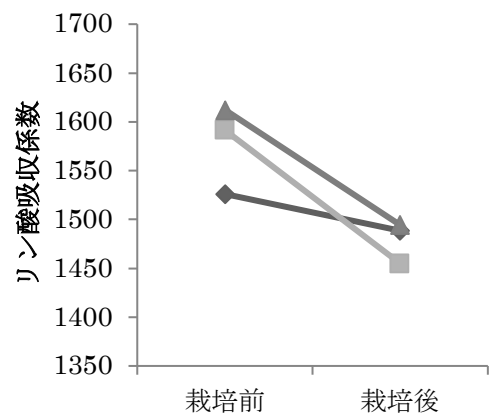


図14-2. リン酸吸収係数の変化 各区B列

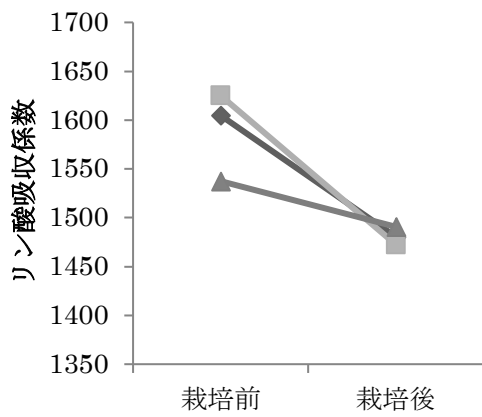


図14-3. リン酸吸収係数の変化 各区C列

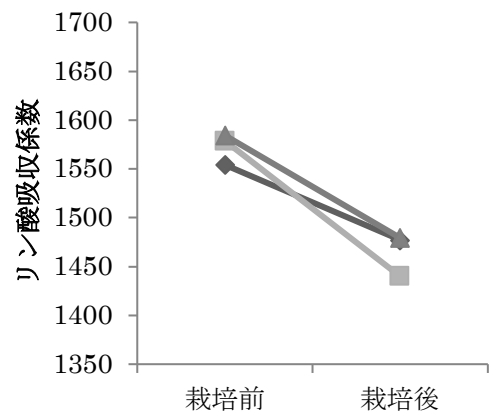


図14-4. リン酸吸収係数の変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

5) 可給態リン酸(Bray No.2 準法)

黒ボク土土壌でのダイコン栽培における可給態リン酸の適性範囲は 5-50 mg/100g(トルオーグ法)とされている(千葉県・千葉県農林技術会議 2002)。栽培前に適性範囲以上だった区では減少、それ以下だった区では増加し、緑肥栽培の有無に関わらず、どの区も 45-55 mg/100g の値に収束していた(図 15-1~4)。しかし本研究では可給態リン酸を Bray No.2 準法で測定しており、この方法ではトルオーグ法よりも 5~10 倍高い可給態リン酸の値となることが知られている(土壌養分分析法)。そのため、トルオーグ法で測定すれば可給態リン酸は 10 mg/100g 以下であったと推察され、リン酸の施肥は行ったにもかかわらず、リン酸については低レベルの環境で栽培を行ったことになる。

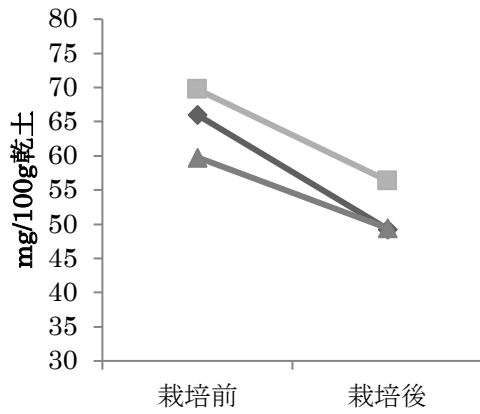


図15-1. 可給態リン酸の
変化 各区A列

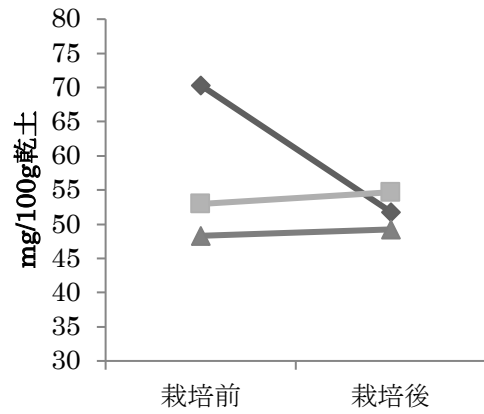


図15-2. 可給態リン酸の
変化 各区B列

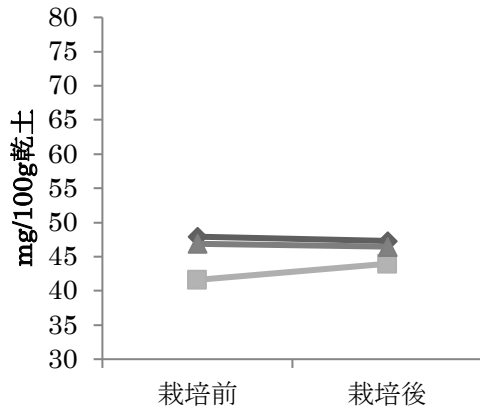


図15-3. 可給態リン酸の
変化 各区C列

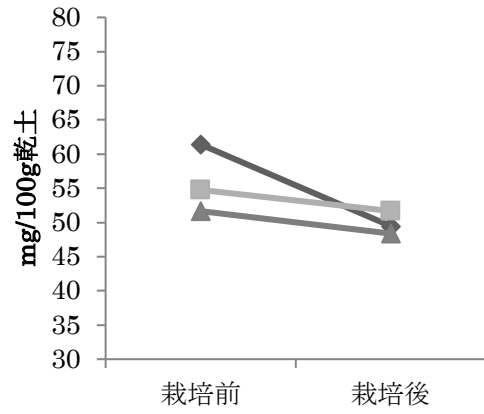


図15-4. 可給態リン酸の
変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

6) 交換性 Ca

カルシウムは土壌中では 3 通りの形態で存在している。①土壌溶液中(水溶性 Ca) ②粘土粒子等に保持(交換性 Ca) ③炭酸カルシウムなど難溶性塩であり、①②が植物に利用される。カルシウム資材は土壌への吸着親和性が高いため土壌溶液中に溶出しにくく、交換性 Ca は高めるが、水溶性 Ca は高めにくい。同じアルカリ資材のカリウムやマグネシウム資材は土壌溶液濃度に反映されやすい為、土壌の酸性矯正資材としてカルシウムは有効とされている。カルシウムの特性上、交換性 Ca 含量のみで根から吸収される Ca 量を判断するのは困難な場合が多いとされている。土壌分析では栽培前は分散していた数値が栽培後、全区 10 meq/100g 付近に収束していた(図 16-1~4)。ダイコンの内部品質検査で水溶性 Ca 濃度が高かったエンバク区は栽培前後でほぼ変化が無いのに対し、ベッチ A や対照 B は 10 meq/100g 程度減少しているにも関わらず、茎根部の水溶性 Ca 濃度はエンバク区より低かった。このことから交換性 Ca 含量で作物への吸収量を推察することが難しいことがわかる。

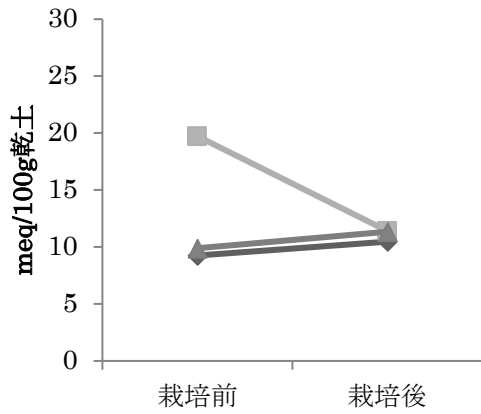


図17-1. 交換性Caの変化
各区A列

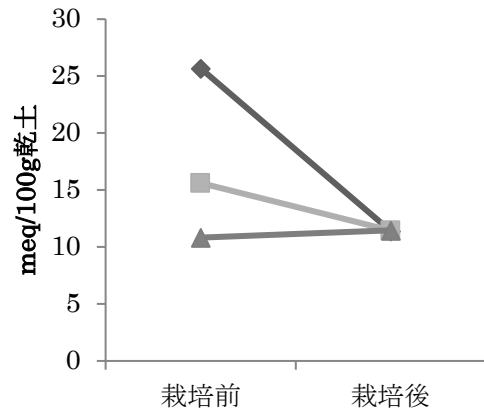


図17-2. 交換性Caの変化
各区B列

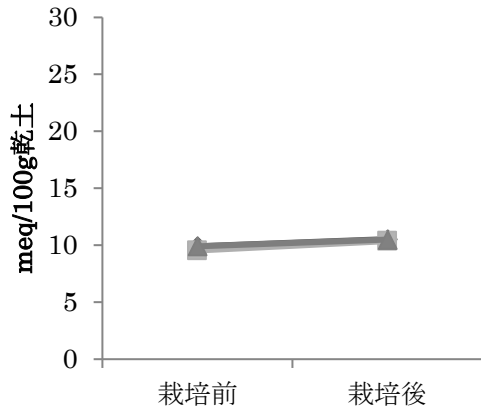


図17-3. 交換性Caの変化
各区C列

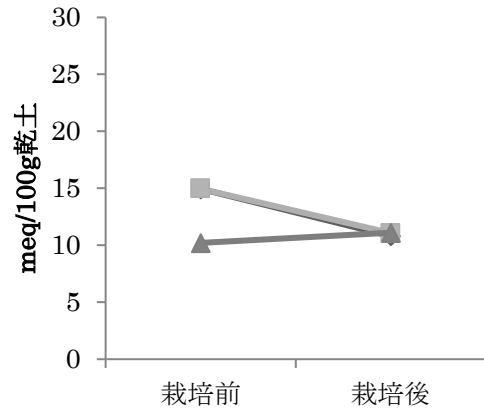


図17-4. 交換性Caの変化
各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

7) 交換性 Mg

マグネシウムもカルシウム同様、土壌中では3通りの形態で存在している。①土壌溶液中(水溶性 Mg) ②粘土粒子に保持(交換性 Mg) ③一次鉱物中に含まれる Mg であり、①②が植物に利用される。植物体内では葉緑素の構成元素の働きをしている。水溶性 Mg が吸収され減少すると、土壌コロイドに吸着保持されている交換性 Mg が土壌溶液と平衡に達するまで土壌溶液中に交換・溶出してくる。エンバク・ベッチ区では列ごとに多少差異はあったものの、栽培前後でほぼ変化しなかった(図 17-1~4)。対照区では全列共通で微量ながら減少がみられた。交換性 Mg の減少は土壌溶液中の水溶性 Mg の減少したことによることから、対照区では積極的に Mg が吸収されたことが考えられる。

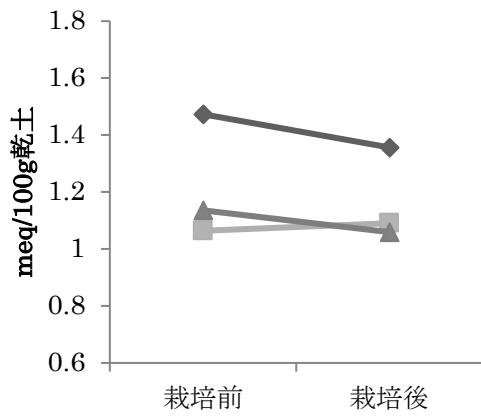


図16-1. 交換性Mgの変化
各区A列

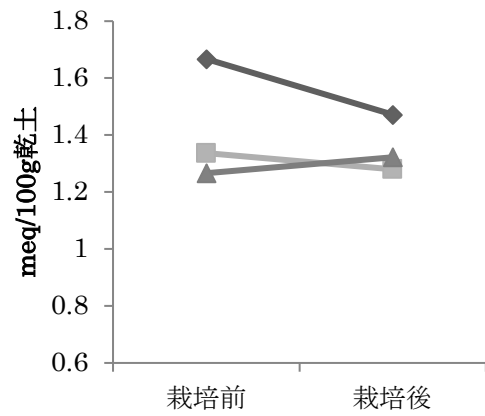


図16-2. 交換性Mgの変化
各区B列

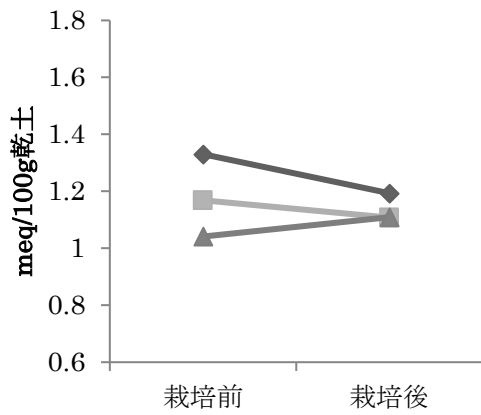


図16-3. 交換性Mgの変化
各区C列

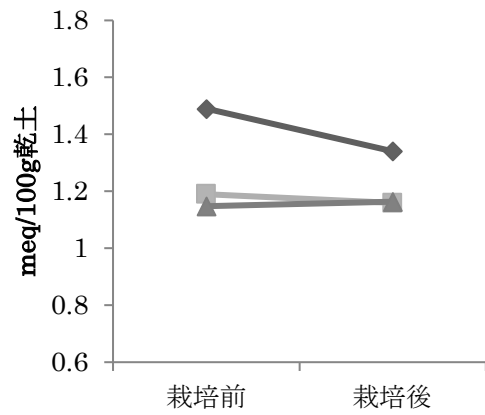


図16-4. 交換性Mgの変化
各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

8) 交換性 K

カリウムも同様に、土壌中では3通りの形態で存在している。①土壌溶液中(水溶性 K) ②粘土粒子等に保持(交換性 K) ③長石、雲母等鉱物、粘土鉱物に固く結合(非交換性 K)であり、①②が植物に利用される。前述通り、カリウムはマグネシウム同様、土壌溶液濃度に反映されやすい。そのため交換性 K の変化は吸収量の変化ととらえられると考える。本研究ではほぼ全区で交換性 K の減少が見られた(図 18-1~4)。中でも全列通して対照区は減少量が大きく、それに対してエンバク区は減少量が小さかった。エンバク C にいたっては微量に増加していた。ベッチ区は対照区とエンバク区の間であった。すき込み区で栽培した緑輝については、エンバク区の総重量および葉重が対照区の値よりも有意に低かった(図 7-4,7-6)。このことから対照区においてはカリウム等の吸収もエンバク区よりも多かったものと考えられる。さらに対照区においては土壌の被覆が少なかったことから、溶脱による交換性 K の損失も大きかったものと考えられる。

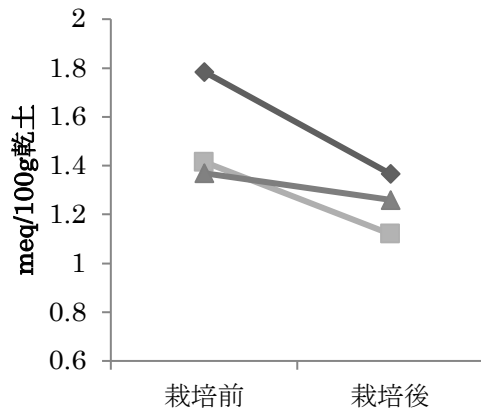


図18-1. 交換性Kの変化
各区A列

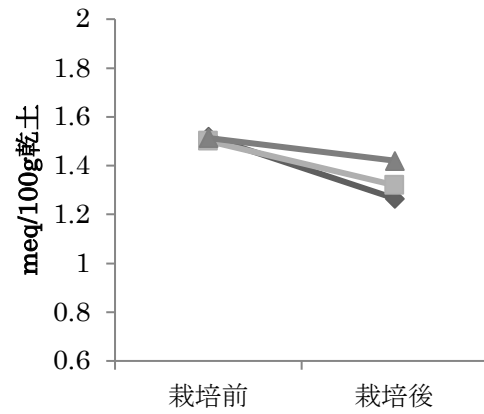


図18-2. 交換性Kの変化
各区B列

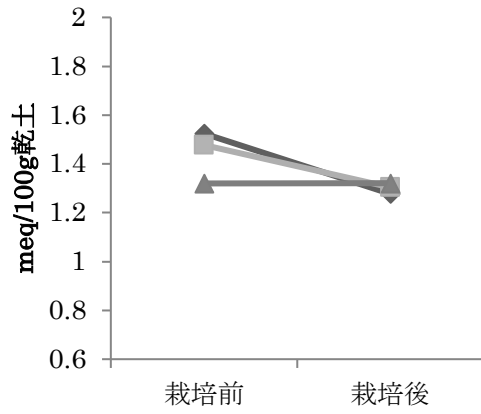


図18-3. 交換性Kの変化
各区C列

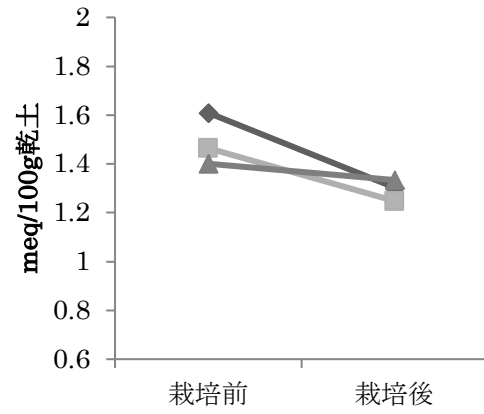


図18-4. 交換性Kの変化
各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

9) 陽イオン交換容量(CEC)

CEC はほぼ全区で栽培前後の変化はみられなかった(図 19-1~4)。CEC は粘土や腐植の量を反映している。一作の間にそれらの含量に大きな変化は起こりにくいことから、変化がなかったことは妥当な結果と考えられる。対照 A の数値が突出して大きいことに関しては、同じ対照区の他の列や、緑肥区の栽培前土壌の数値が 20-25 me/100g であることから鑑みて実験操作上の誤差と考えられる。

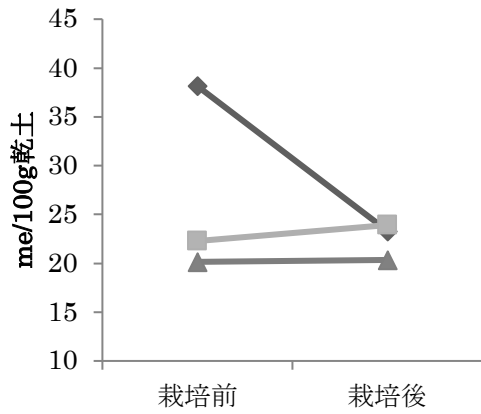


図19-1. 陽イオン交換容量 (CEC)の変化 各区A列

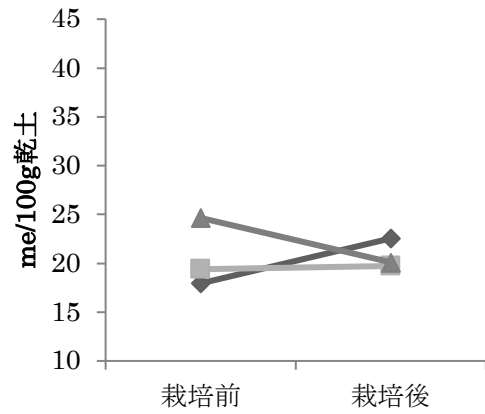


図19-2. 陽イオン交換容量 (CEC)の変化 各区B列

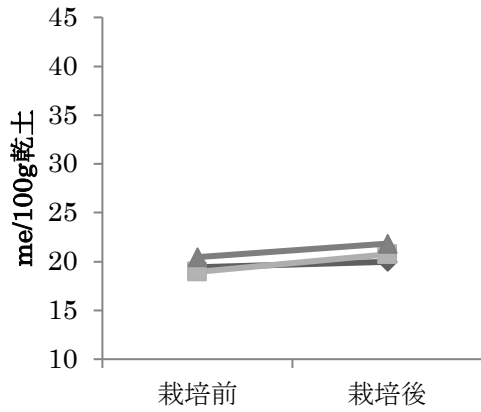


図19-3. 陽イオン交換容量 (CEC)の変化 各区C列

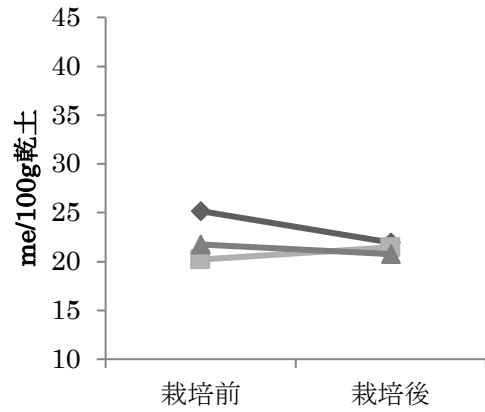


図19-4. 陽イオン交換容量 (CEC)の変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

10) 土壌中有機炭素

土壌腐植含量は土壌有機炭素含量とほぼ比例している。また前述通り、CECは粘土や腐植の量に由来する。本研究では緑肥をすき込むことによって有機炭素含量が増大することを期待していたが、その効果は同じ区内でも列ごとにばらつきがあり、A列では緑肥区で特に増大したものの、B列では対照区、緑肥区間でほぼ効果に差はなく、C列にいたっては緑肥区でほとんど変化が無く、対照区で増大していた(図 20-1~4)。

緑肥は土壌にすき込まれると分解が始まり、まず糖類が分解され、次に繊維質のセルロース、最後にリグニンが分解され、初めて腐植が形成される。これらの分解速度は、土壌温度、水分条件、酸素供給量、緑肥の炭素率(C/N比)で決まる。エンバク(出穂)の炭素率は28で必要腐熟期間が2週間、ベッチ(まめ助)の炭素率は12のためエンバクと比較して分解が早いが必要腐熟期間が3週間となる(橋爪 2007)。エンバクは炭素率が高いため窒素肥料を多めに施用し分解を促進する必要があるが、本研究では行っておらず、さらに北海道では緑肥の腐植化に2~3週間の腐熟期間(期間中に3回程度ロータリー耕を行い分解を促進させる)必要があるが、本研究ではすき込み後2週間で播種を行ったためエンバク、およびベッチの腐熟不足が考えられた。また採取した栽培後の土壌試料中に緑肥の残渣は粗大な有機物として混在していたため、2mmのフルイにかけた際に通過しなかった部分もあると考えられる。

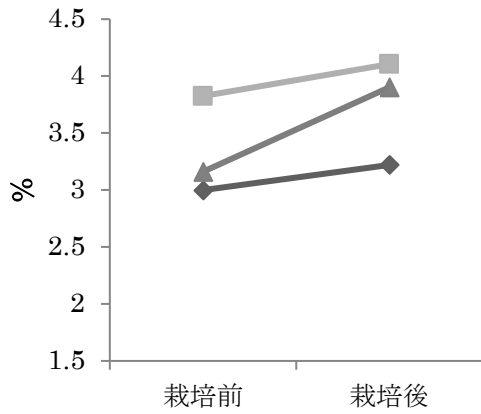


図20-1. 土壌中有機炭素の変化 各区A列

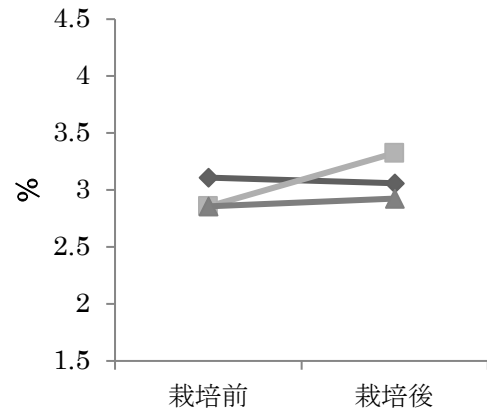


図20-2. 土壌中有機炭素の変化 各区B列

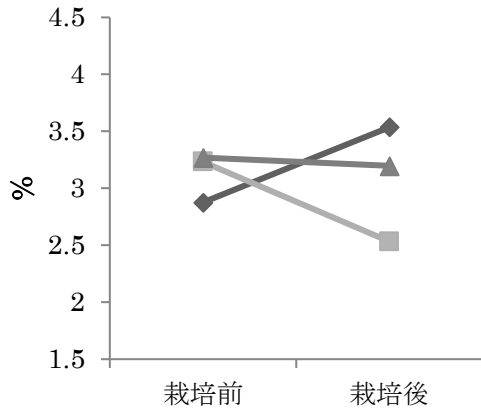


図20-3. 土壌中有機炭素の変化 各区C列

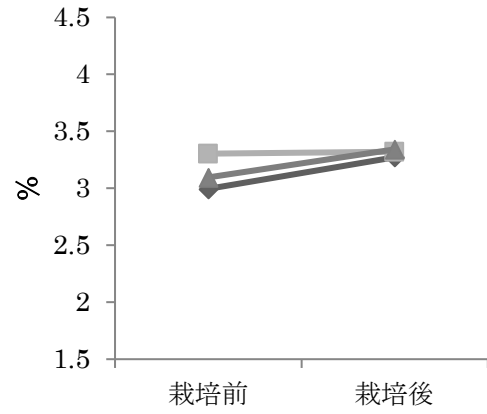


図20-4. 土壌中有機炭素の変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバケ区

11) 土壌中全窒素

C列の対照・ベッチ区を除いて、全区で全窒素含量が減少する傾向が見られた。中でもエンバク区の減少が目立っていた。土壌有機炭素含量で前述した通り、エンバクはベッチと比較して炭素率が高く、分解には多くの窒素を消費する。基肥以外に硫安などの窒素肥料の施肥を行っていないためエンバク区の窒素含量が目立って減少したと考えられる。ベッチ区の窒素減少量がエンバク区より緩やか、もしくは増大していたのは、炭素率が低いこともさることながら、マメ科特有の根粒菌によって土壌中に固定された無機態窒素がすき込まれたことによって増大したことが考えられる(図 21-1~4)。そしてB・C列の対照区であまり変動が無かったのは緑肥を分解せず、純粹に作物の吸収による変動だからだと考えられる。

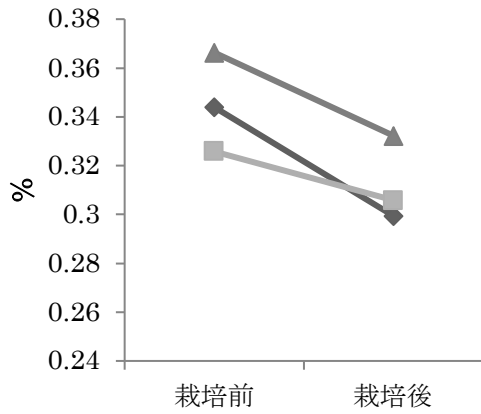


図21-1. 土壤中全窒素
の変化 各区A列

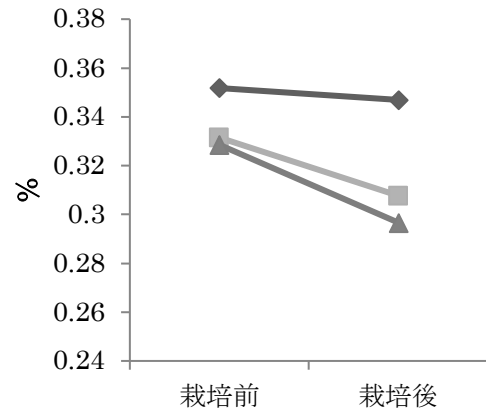


図21-2. 土壤中全窒素
の変化 各区B列

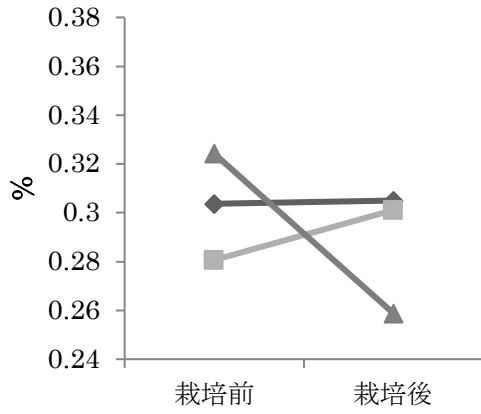


図21-3. 土壤中全窒素
の変化 各区C列

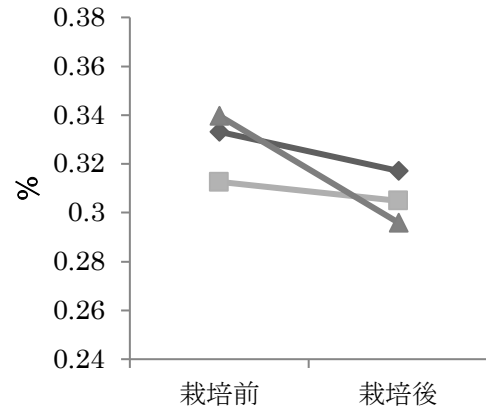


図21-4. 土壤中全窒素
の変化 各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

12) C/N 比(炭素率)

栽培後に多くの区で増大がみられた(図 22-1~4)。炭素率は炭素が増加、また窒素が減少するほど増大するため、土壤有機炭素含量および土壤中窒素含量と相関がある。前述のようにエンバクの C/N は 28、ベッチの C/N は 12 であり(橋爪 2007)、栽培前土壤の C/N よりも高いため、すき込みにより C/N の増大をもたらしたものと考えられる。C 列のベッチ区に関しては、他の列における傾向と異なって大きく減少したため、何らかの測定値の不確かさによるものと考えられる。

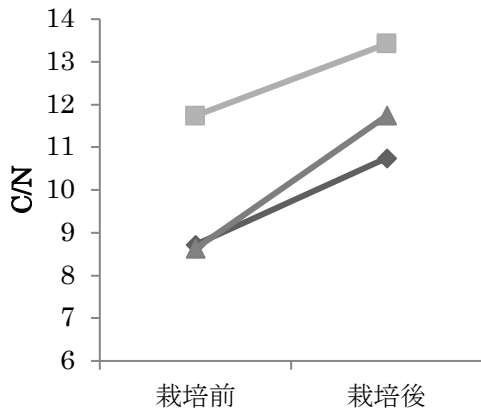


図22-1. C/N比の変化
各区A列

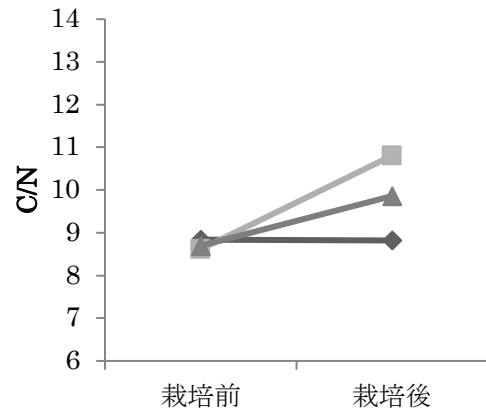


図22-2. C/N比の変化
各区B列

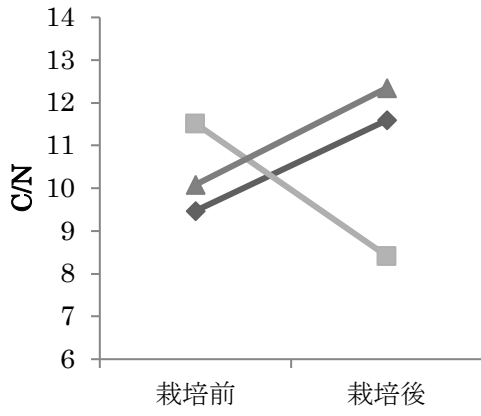


図22-3. C/N比の変化
各区C列

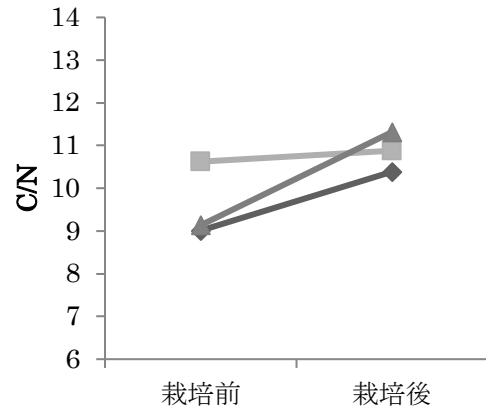


図22-4. C/N比の変化
各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

13) 硝酸態窒素

硝酸態窒素は無機態窒素の一種であり、植物の根が吸収できる窒素である。ほかにアンモニア態窒素があるが、畑作物は硝酸態窒素を好んで吸収する。緑肥区では硝酸態窒素は減少する傾向が見られた(図 23-1~4)。これは緑肥を分解するために消費されたものと考えられる。C列のベッチ区では土壌中全窒素と同様に増加がみられた。対照区ではA列を除いて増加する傾向がみられたが、施肥した窒素成分による増加だと考えられる。本研究では窒素成分を含む肥料として有機肥料(パルユークイ)を使用したため、窒素の無機化がゆっくりと起こり、実験結果のように、一部の区で栽培後の土壌の方が栽培前よりも高い硝酸態窒素濃度を示したものと考えられる。

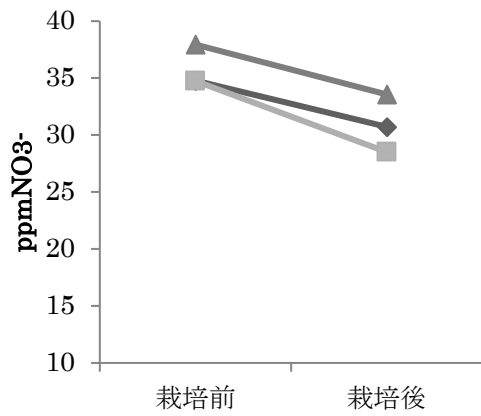


図23-1. 硝酸態窒素の変化
各区A列

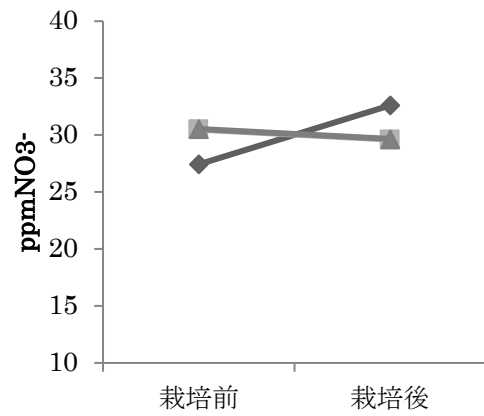


図23-2. 硝酸態窒素の変化
各区B列

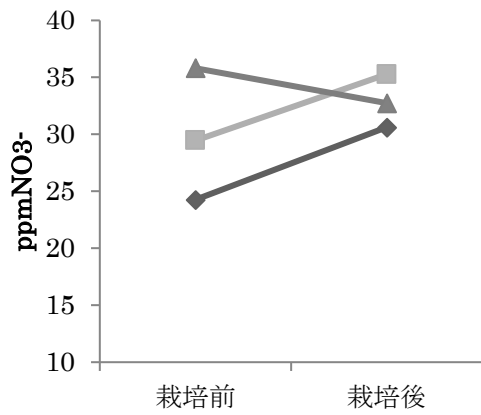


図23-3. 硝酸態窒素の変化
各区C列

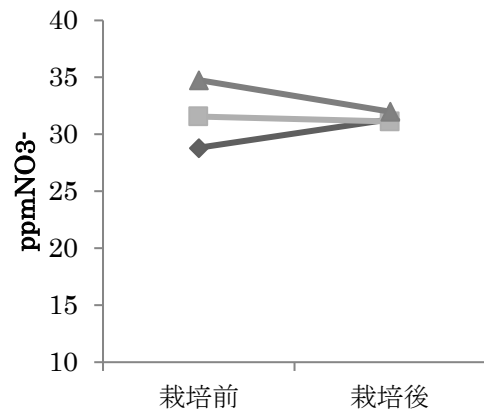


図23-4. 硝酸態窒素の変化
各区平均

- ◆ 対照区
- ベッチ区
- ▲ エンバク区

第4章 要約

緑肥のリビングマルチ利用条件下では、緑肥栽培区では光遮閉によるダイコンの小型化が目立った。しかし対照区のダイコンと比較して、全糖・ビタミンC・ポリフェノール含量が増大していた。刈り倒し(枯死)利用条件下でも、緑肥栽培区のダイコンは葉長・総重量・茎根重・葉重が対照区のダイコンを下回った。しかし全糖・ポリフェノール含量が増大していた。すき込み利用条件下では、リビングマルチおよび刈り倒し利用の場合と比べて差は少なくなったものの、緑肥栽培区のダイコンの茎根長・総重量・葉重は対照区のダイコンを下回った。しかしエンバク区では全糖・水溶性Ca・ビタミンC含量が増大していた。全糖およびビタミンC含量は、ダイコンの大きさとは逆の関係を示し、また土壤が乾燥条件にあってダイコンの茎根重が小さくなった場合には増大する傾向が認められた。

土壤の分析値については緑肥をすき込んだ区、対照区ともにpH(H₂O)・EC・リン酸吸収係数・交換性Kの項目でダイコン栽培の前後に有意差が認められたものの、緑肥栽培に起因する変化は認められなかった。

全ての利用条件下において、緑肥栽培区では対照区と比較してダイコンの茎根部におけるポリフェノール含量の増大が認められた。また、他2品種よりも品種としてのポリフェノール含量が高かったダイコン品種「緑輝」では、ダイコン軟腐病が抑制される傾向がみられた。しかし軟腐病抑制を目的とした緑肥利用を提案するには、緑肥間作によるダイコンの小型化を防止する作付け体系を開発し、作業性の向上もはかる必要がある。また、緑肥栽培によるダイコン茎根部のポリフェノール含量増大と軟腐病発生率の関連についてもさらなる解明が必要である。

謝辞

本研究また論文の作成にあたり、始終適切な助言を賜り、また丁寧に指導して下さった帯広畜産大学畜産学部筒木潔教授に、心から御礼申し上げます。

また実験圃場での作業など、幾度となく手伝ってくださった研究室の皆様にも感謝の念がたえません。厚く御礼申し上げます。

引用文献

著書

- 1) 橋爪健 2007. 新版 緑肥を使いこなす,p1-2, 84-85, 107-116. 農文協
- 2) 北海道農政部 1994. クリーン農業に関する技術資料 第2号 北海道緑肥作物等栽培利用指針,p1-4, 7-8. 北海道農政部
- 3) ホクレン 2009. ホクレン営農技術情報誌 あぐりぼーと No.82,p1-3
- 4) 土壌環境分析法編集委員会 1997. 日本土壌肥料学会監修 土壌環境分析法 博友社
- 5) 一般財団法人 日本土壌教会 2012. 土壌診断と作物生育改善 土壌医検定参考書

論文

- 1) 藤井道彦・柿田理恵・石原清治 2006. 緑肥作物の種類による土壌改良効果について
- 2) 小松勉・藤倉潤治・堀田治邦 2004. ダイコン軟腐病に対する品種抵抗性の室内検定法
- 3) 石井現相・西篠了康 1987. 栽培条件がダイコンの全糖及びビタミン C 含量, β -アミラーゼ活性に及ぼす影響
- 4) PARK, K. W. and D. FRITS. 1984. Effects of fertilization and irrigation on the quality of radish (*Raphanus sativus* L. var. niger) grown in experimental pots. *Acta Horticulturae*:227-230

ウェブ情報

1) タキイ種苗株式会社 HP

ネグサレタイジ <http://www.takii.co.jp/green/ryokuhi/enbaku/>

品種カタログ <http://www.takii.co.jp/CGI/tsk/shohin/search.cgi>

2) 農林水産省 2009. 北海道畑作における施肥の現状と課題 PDF

http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/nenryu_koutou/n_kento/pdf/2siryo2.pdf

表1 対照区つや風の外観品質検査

		つや風（リビングマルチ）外観品質検査						
試験区	No	茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重	
		cm	cm	cm	g	g	g	
対照区	A	1	40	6.6	41	1464	1085	379
		2	36	6.7	37	1260	920	340
		3	39	7.2	38	1570	1154	416
		4	37	6.1	34	1129	830	299
		5	41	7.2	38	1624	1210	414
		6	38	6.5	42	1163	817	346
		7	38	6.2	42	1072	773	299
		8	32	5.9	41	868	598	270
		9	40	6.3	42	1058	800	258
		10	35	7.1	44	1288	937	351
	B	1	42	7.1	46	1533	1132	401
		2	42	7.7	45	1608	1201	407
		3	37	7.6	39	1249	1018	231
		4	43	6.6	35	1321	943	378
		5	40	6.9	41	1609	1182	427
		6	32	7.1	49	1281	947	334
		7	36	7.2	37	1501	1111	390
		8	44	5.7	48	1154	791	363
		9	44	7.4	36	1723	1327	396
		10	45	7	41	1633	1243	390
	C	1	36	5	48	916	537	379
		2	46	7.1	42	1674	1229	445
		3	28	6.8	46	1141	687	454
		4	38	6.1	36	1015	705	310
		5	36	6.7	34	1279	921	358
		6	38	6.9	41	1311	948	363
		7	28	7.8	47	1179	767	412
		8	43	7.8	39	1624	1239	385
		9	35	6.7	43	1261	919	342
		10	36	5.9	42	1075	742	333
平均		38.2	6.8	41.1	1319.4	957.1	362.3	

表2 ベッチ区つや風の外観品質検査

試験区		No	つや風（リビングマルチ）外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
ベッチ区	A	1	39	6	38	1139	865	274
		2	27	4.9	38	665	415	250
		3	29	5.2	42	634	448	186
		4	36	5.9	39	1045	758	287
		5	35	6.3	42	894	743	151
		6	30	6.1	42	798	606	192
		7	38	5.9	36	1153	867	286
		8	39	6.5	42	1193	919	274
		9	37	6.2	36	1010	746	264
		10	36	5.3	37	923	672	251
	B	1	29	4.8	35	570	378	192
		2	39	5.7	37	951	701	250
		3	35	5.6	36	813	580	233
		4	32	4.9	38	662	460	202
		5	35	4.9	40	687	495	192
		6	36	5.5	35	856	605	251
		7	35	5.4	43	815	595	220
		8	35	4.8	35	661	469	192
		9	28	3.7	34	380	176	204
		10	30	5.2	33	578	410	168
	C	1	36	4.9	38	756	522	234
		2	30	4.3	37	515	379	136
		3	34	5.9	39	715	517	198
		4	30	4.8	38	685	444	241
		5	30	4.5	40	588	353	235
		6	33	4.8	35	545	357	188
		7	33	3.6	34	252	211	41
		8	24	4.4	37	306	175	131
		9	30	4.4	27	352	300	52
		10	25	4.1	36	429	271	158
平均			32.8	5.2	37.3	719.0	514.6	204.4

表3 エンバク区つや風の外観品質検査

試験区		No	つや風（リビングマルチ）外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
エンバク区	A	1	25	3.1	40	257	119	138
		2	33	5.5	37	803	580	223
		3	40	5.8	38	889	654	235
		4	30	6	41	876	597	279
		5	31	4.7	30	625	420	205
		6	40	6.1	34	1106	840	266
		7	35	5.6	37	879	658	221
		8	28	5.2	34	554	376	178
		9	40	6	36	896	693	203
		10	34	5.5	37	777	591	186
	B	1	27	4.4	31	342	212	130
		2	28	4.2	33	375	236	139
		3	25	3.6	32	214	125	89
		4	26	4	33	357	216	141
		5	28	4.1	28	294	181	113
		6	27	4.1	36	412	239	173
		7	28	4.1	29	292	176	116
		8	32	4.4	36	452	313	139
		9	23	4.3	33	316	186	130
		10	25	4	30	253	153	100
	C	1	27	3.9	31	336	211	125
		2	21	3.5	29	169	99	70
		3	21	3.3	27	156	70	86
		4	22	2.4	30	123	53	70
		5	29	3	35	224	130	94
		6	23	2.9	30	119	74	45
		7	26	3.2	29	147	86	61
		8	25	3.4	28	157	92	65
		9	23	3.2	31	151	94	57
		10	22	3.4	28	168	104	64
平均			28.1	4.2	32.8	424.0	285.9	138.0

表4 対照区耐病総太りの外観品質検査

試験区		No	耐病総太り（刈り倒し）外観品質検査					
			茎根長 cm	根径 cm	葉長 cm	総重量 g	茎根重 g	葉重 g
対照区	A	1	40	8.3	57	2215	1653	562
		2	37	7.8	60	1638	1209	429
		3	36	7.4	59	1417	1021	396
		4	44	9	61	2787	2085	702
		5	48	8.5	57	2797	2140	657
		6	25	4.2	58	588	285	303
		7	32	6.1	63	1165	735	430
		8	52	9.5	59	3675	2900	775
		9	46	8.2	54	2590	1862	728
		10	15	3.8	35	166	84	82
	B	1	40	8.9	59	2350	1826	524
		2	29	5.5	59	965	531	434
		3	37	7.4	57	1750	1195	555
		4	30	5.5	62	1246	677	569
		5	33	7.1	65	1345	907	438
		6	38	8.4	54	2135	1593	542
		7	41	10.4	55	3288	2548	740
		8	44	10.1	53	3865	3199	666
		9	50	10.4	52	4075	3347	728
		10	24	8.3	59	1293	831	462
	C	1	44	7.9	63	2368	1673	695
		2	29	6.2	68	1096	632	464
		3	33	7.5	69	1349	927	422
		4	27	5.7	67	1024	551	473
		5	35	6.3	64	1300	818	482
		6	52	10.6	56	4662	3973	689
		7	22	4.4	65	606	297	309
		8	26	5.4	59	910	512	398
		9	28	4.9	64	760	449	311
		10	34	7.1	63	1679	946	733
		平均	35.7	7.4	59.2	1903.5	1380.2	523.3

表5 ベッチ区耐病総太りの外観品質検査

試験区		No	耐病総太り（刈り倒し）外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
ベッチ区	A	1	38	7.9	52	1620	1214	406
		2	34	6.3	58	1279	742	537
		3	36	5.9	57	1283	829	454
		4	32	5.7	56	920	566	354
		5	36	7.4	52	1670	1170	500
		6	37	6.6	54	1282	860	422
		7	33	7.1	51	1477	964	513
		8	43	5.3	52	1292	835	457
		9	24	5.8	59	943	386	557
		10	22	4.4	55	578	252	326
	B	1	30	6.3	53	1317	868	449
		2	37	7.7	53	1845	1360	485
		3	42	8.1	53	2226	1614	612
		4	24	6.2	58	1034	603	431
		5	43	8.4	55	2272	1662	610
		6	34	6.3	57	1384	884	500
		7	32	5.1	62	980	587	393
		8	41	7.9	56	2235	1615	620
		9	34	7.3	61	1822	992	830
		10	26	9.6	56	1500	831	669
	C	1	28	5.9	55	1114	584	530
		2	37	8	56	1887	1360	527
		3	33	6.5	56	1386	881	505
		4	31	6.8	54	1276	854	422
		5	36	8	58	1984	1278	706
		6	33	7.7	64	2183	1409	774
		7	34	8	54	1828	1349	479
		8	25	5.2	59	930	496	434
		9	13	3.3	57	281	79	202
		10	12	3.3	55	212	79	133
		平均	32.0	6.6	55.9	1401.3	906.8	494.6

表6 エンバク区耐病総太りの外観品質検査

試験区		No	耐病総太り（刈り倒し）外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
エンバク区	A	1	40	9.5	60	2780	2022	758
		2	44	8.2	61	2187	1671	516
		3	34	6.6	59	1212	834	378
		4	33	8.1	57	1610	1110	500
		5	34	7.8	58	1665	1131	534
		6	38	9.6	53	2545	1892	653
		7	29	5.5	62	963	495	468
		8	29	5.7	64	947	578	369
		9	27	5.2	53	837	513	324
		10	29	6.3	64	1216	770	446
	B	1	29	8.1	61	1473	1071	402
		2	37	7.2	55	1675	1243	432
		3	26	6.2	56	973	592	381
		4	33	6.5	58	1341	851	490
		5	33	8.4	59	1887	1307	580
		6	33	9.2	56	1972	1497	475
		7	43	6.4	54	1383	1073	310
		8	27	6.1	53	833	643	190
		9	38	8.3	55	2047	1600	447
		10	30	5.9	57	881	581	300
	C	1	30	6.4	56	1163	786	377
		2	36	6.6	54	1446	966	480
		3	30	6.7	54	1060	759	301
		4	28	6.7	49	874	682	192
		5	31	6.6	58	1283	900	383
		6	31	6.5	56	1109	764	345
		7	28	5.7	58	970	600	370
		8	22	5.3	62	652	370	282
		9	41	7.9	63	2093	1490	603
		10	17	3.8	58	420	170	250
		平均	32.0	6.9	57.4	1383.2	965.4	417.9

表7 対照区緑輝の外観品質検査

試験区		No	緑輝（すぎ込み）外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
対照区	A	1	29	7.1	49	1260	898	362
		2	33	7.7	56	1582	1139	443
		3	27	6.9	54	1105	750	355
		4	28	6.3	55	1030	651	379
		5	32	6.5	51	1093	769	324
		6	33	6.6	53	1286	906	380
		7	33	7	54	1389	951	438
		8	31	6.2	52	1025	678	347
		9	30	6.4	52	1089	780	309
		10	28	5.7	50	903	573	330
	B	1	31	7.4	50	1370	1000	370
		2	33	6.7	45	1192	913	279
		3	30	6.5	51	1064	737	327
		4	33	7.1	51	1409	1038	371
		5	27	5.3	52	809	516	293
		6	30	6	50	1006	697	309
		7	32	6.4	54	1170	825	345
		8	30	7.2	52	1288	986	302
		9	30	7.2	52	1302	943	359
		10	29	5.9	50	917	646	271
	C	1	29	6.4	47	1025	743	282
		2	31	6.7	45	1209	889	320
		3	30	6	49	988	681	307
		4	32	6.9	45	1195	881	314
		5	28	6.3	44	890	662	228
		6	28	6.2	45	908	661	247
		7	32	6.8	45	1165	900	265
		8	27	5.7	42	787	535	252
		9	32	7.5	47	1421	1067	354
		10	27	6.2	45	855	589	266
		平均	30.2	6.6	49.6	1124.4	800.1	324.3

表8 ベッチ区緑輝の外観品質検査

試験区		No	緑輝 (すき込み) 外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
ベッチ区	A	1	31	8.3	55	1648	1209	439
		2	27	6.2	50	896	604	292
		3	30	7	50	1313	968	345
		4	27	6.5	55	1195	774	421
		5	29	6.3	52	1043	740	303
		6	20	4.7	44	488	265	223
		7	30	6	49	1062	747	315
		8	30	5.6	51	907	603	304
		9	32	7.9	54	1501	1105	396
		10	29	6.4	51	1038	704	334
	B	1	32	7	52	1149	1026	123
		2	26	6.9	56	1184	747	437
		3	31	6.8	53	1353	978	375
		4	34	6.9	50	1476	1052	424
		5	27	6.1	53	929	614	315
		6	38	7.3	52	1737	1273	464
		7	25	6.9	56	1088	717	371
		8	35	5.3	51	895	645	250
		9	28	6.9	51	1092	809	283
		10	32	6.3	50	1152	810	342
	C	1	32	6.7	45	1212	873	339
		2	30	6.6	45	1141	812	329
		3	26	5.7	49	739	497	242
		4	21	4.5	46	399	266	133
		5	30	6.3	44	1044	751	293
		6	23	5.1	44	640	388	252
		7	29	5.9	45	868	622	246
		8	21	4.6	34	406	224	182
		9	29	6	46	1009	663	346
		10	26	6.6	45	952	663	289
平均			28.7	6.3	49.3	1051.9	738.3	313.6

表9 エンバク区緑輝の外観品質検査

試験区		No	緑輝（すき込み）外観品質検査					
			茎根長	根径	葉長	総重量	茎根重	葉重
			cm	cm	cm	g	g	g
エンバク区	A	1	28	7	53	1098	783	315
		2	25	4.7	49	570	366	204
		3	33	6.3	53	1074	788	286
		4	31	6.7	54	1175	832	343
		5	27	6.2	53	1014	701	313
		6	25	6.4	55	994	611	383
		7	25	4.8	56	673	425	248
		8	31	6.6	54	1152	831	321
		9	24	6.2	51	866	580	286
		10	32	6.3	53	1072	767	305
	B	1	33	6.5	47	1117	882	235
		2	27	6.8	44	992	736	256
		3	31	5.9	47	1021	764	257
		4	25	5.8	48	784	516	268
		5	30	5.9	43	1038	760	278
		6	21	6	45	702	460	242
		7	34	7.5	42	1425	1132	293
		8	28	6.2	43	933	673	260
		9	29	6.2	48	1013	699	314
		10	24	6.1	46	717	497	220
	C	1	28	6.7	43	922	712	210
		2	26	5.6	41	675	474	201
		3	26	4.7	37	521	376	145
		4	29	6.4	44	874	677	197
		5	30	6.6	44	963	710	253
		6	30	6.6	43	1071	801	270
		7	26	5.2	41	603	429	174
		8	29	6.8	44	1050	795	255
		9	14	4.9	41	413	233	180
		10	35	7.1	44	1440	1133	307
平均			27.9	6.2	46.9	932.1	671.4	260.6

表10 対照区つや風の内部品質検査

		つや風（リビングマルチ）内部品質検査					
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	
対照区	A	1	3.4	1400	26	78.0	496.8
		2	3.8	1440	28	101.0	550.6
		3	3.8	1480	32	87.0	473.3
		4	3.8	1500	26	90.5	525.8
		5	3.4	1520	28	87.5	429.2
	B	1	3.9	1260	26	94.0	401.6
		2	3.8	1460	28	82.5	487.1
		3	3.9	1380	28	83.0	520.2
		4	3.8	1400	24	96.0	605.8
		5	3.7	1460	28	89.0	510.6
	C	1	4.0	1340	30	87.5	687.2
		2	3.6	1460	28	81.0	416.8
		3	3.8	1420	26	86.5	607.2
		4	4.1	1280	24	97.0	539.6
		5	4.1	1460	38	92.0	552.0
	平均	3.8	1417.3	28.0	88.8	520.2	

表11 ベッチ区つや風の内部品質検査

		つや風（リビングマルチ）内部品質検査					
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	
ベッチ区	A	1	4.1	1600	30	97.0	386.4
		2	4.4	1420	18	103.0	414.0
		3	3.9	1520	28	103.5	489.9
		4	4.0	1740	26	111.0	443.0
		5	4.3	1460	28	93.0	452.6
	B	1	4.2	1480	38	99.5	616.8
		2	4.4	1480	22	119.0	667.9
		3	4.0	1480	24	95.5	547.8
		4	4.0	1540	28	117.0	456.8
		5	4.5	1480	32	120.0	489.9
	C	1	4.4	1320	46	97.0	505.1
		2	4.1	1040	60	84.5	429.2
		3	3.2	1720	22	87.0	545.1
		4	4.4	1700	32	120.0	629.2
		5	4.3	1520	34	86.5	590.6
	平均	4.1	1500	31	102.2	511.0	

表12 エンバク区つや風の内部品質検査

		つや風（リビングマルチ）内部品質検査					
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	
エンバク区	A	1	3.8	1420	24	94.0	500.9
		2	4.2	1540	26	104.5	663.7
		3	4.2	1520	28	98.0	572.7
		4	4.1	1560	30	110.0	521.6
		5	4.2	1580	24	106.5	720.3
	B	1	4.5	1460	46	97.0	619.6
		2	4.5	1400	28	116.5	630.6
		3	4.1	1640	36	113.0	572.7
		4	4.2	1320	28	114.0	716.2
		5	4.6	1460	34	103.5	517.5
	C	1	4.6	940	70	87.5	505.1
		2	4.6	1320	28	149.5	621.0
		3	4.9	1540	50	134.5	863.8
		4	4.6	1400	26	135.5	589.2
		5	4.3	1440	22	135.5	822.4
	平均	4.4	1436.0	33.3	113.3	629.2	

表13 対照区耐病総太りの内部品質検査

		耐病総太り（刈り倒し）内部品質検査					
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	
対照区	A	1	4.3	1460	132	57.5	347.4
		2	4.1	1940	122	57.5	423.2
		3	4.5	1720	106	56.0	327.4
		4	4.3	1800	106	60.5	361.7
		5	4.1	1700	116	55.5	356.0
	B	1	4.7	1520	144	58.0	275.9
		2	4.6	1540	82	52.5	225.9
		3	4.4	1280	170	57.5	337.4
		4	4.2	2200	136	56.0	331.7
		5	4.5	1680	188	48.5	314.5
	C	1	4.1	1020	176	53.0	241.6
		2	4.5	1640	154	63.5	344.5
		3	4.1	1440	86	49.0	301.6
		4	4.4	1800	140	65.5	423.2
		5	4.1	1700	134	49.5	334.5
	平均	4.3	1629	133	56.0	329.8	

表14 ベッチ区耐病総太りの内部品質検査

試験区		No	耐病総太り（刈り倒し）内部品質検査				
			全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール
			Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm
ベッチ区	A	1	4.2	1700	108	66.5	507.5
		2	4.7	1300	126	61.5	358.8
		3	4.3	1420	200	58.0	293.1
		4	4.4	1580	76	58.0	334.5
		5	4.7	1260	80	65.5	396.0
	B	1	4.7	1840	98	54.0	356.0
		2	4.3	1340	136	42.0	398.9
		3	4.7	1640	150	55.0	374.6
		4	4.7	1920	102	58.5	453.2
		5	4.5	1580	98	55.5	490.4
	C	1	4.5	1840	240	55.5	414.6
		2	4.4	1620	122	50.5	398.9
		3	4.6	1360	196	42.5	518.9
		4	4.5	1700	116	57.5	461.8
		5	5.1	1560	160	58.0	494.6
平均			4.6	1577	134	55.9	416.8

表15 エンバク区耐病総太りの内部品質検査

試験区		No	耐病総太り（刈り倒し）内部品質検査				
			全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール
			Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm
エンバク区	A	1	4.4	1700	174	81.5	443.2
		2	4.2	2000	114	54.5	433.2
		3	4.2	2000	128	48.5	386.0
		4	4.5	2000	118	60.0	434.6
		5	4.4	1920	140	54.5	457.5
	B	1	4.5	1560	120	52.5	397.4
		2	4.8	1160	220	54.0	357.4
		3	4.6	1380	138	59.0	421.7
		4	5.1	1460	156	58.5	330.2
		5	4.7	1020	132	45.5	311.7
	C	1	4.9	1780	112	66.0	371.7
		2	5.0	1360	174	48.0	348.8
		3	5.1	1320	140	58.5	380.3
		4	4.6	1400	82	57.5	437.5
		5	4.8	1240	148	55.5	376.0
平均			4.7	1553.3	139.7	56.9	392.5

表16 対照区緑輝の内部品質検査

		緑輝（すき込み）内部品質検査						
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	硝酸態窒素	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
対照区	A	1	6.1	2200	46	81.5	744.4	800
		2	5.7	2200	34	79.5	774.7	870
		3	5.7	2200	38	85.0	691.5	1000
		4	6.1	2400	48	80.0	657.5	1300
		5	6.4	2400	48	84.0	646.1	1200
	B	1	5.6	2000	52	55.0	910.8	1000
		2	5.8	1620	60	62.5	642.4	880
		3	6.3	1660	84	70.5	668.8	830
		4	6.1	1780	46	63.0	729.3	690
		5	6.4	2000	58	67.5	857.9	1000
	C	1	6.1	2200	76	73.5	861.6	1000
		2	6.0	2000	54	74.5	770.9	960
		3	6.7	2000	98	63.5	695.3	1100
		4	5.9	2200	70	78.0	888.1	1000
		5	6.5	2200	94	75.5	854.1	1000
	平均	6.1	2071	60	72.9	759.6	975.3	

表17 ベッチ区緑輝の内部品質検査

		緑輝（すき込み）内部品質検査						
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	硝酸態窒素	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
ベッチ区	A	1	4.9	1860	48	59.5	789.8	810
		2	5.1	1960	94	64.0	786.0	1100
		3	5.4	1980	56	58.0	525.2	1000
		4	5.5	1840	76	70.0	649.9	1100
		5	5.9	1920	76	80.0	827.6	1000
	B	1	5.6	2000	60	77.5	876.8	1100
		2	5.7	2000	96	72.5	842.7	1200
		3	5.9	1800	52	69.5	752.0	830
		4	5.9	1960	70	66.0	827.6	1000
		5	5.9	1720	50	75.0	767.1	860
	C	1	6.7	1960	80	87.5	797.4	990
		2	5.6	2000	72	76.0	782.2	960
		3	6.4	1780	68	80.5	748.2	1000
		4	6.2	2200	86	82.5	729.3	1300
		5	7.0	1780	84	77.0	729.3	1000
	平均	5.8	1917	71	73.0	762.1	1017	

表18 エンバク区緑輝の内部品質検査

		緑輝（すき込み）内部品質検査						
試験区	No	全糖	水溶性K	水溶性Ca	ビタミンC	ポリフェノール	硝酸態窒素	
		Brix %	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
エンバク区	A	1	5.9	2000	62	90.0	907.0	850
		2	6.8	2000	112	88.5	706.6	1200
		3	6.7	1860	78	91.0	782.2	880
		4	5.8	1960	54	71.5	823.8	880
		5	6.6	1680	92	79.0	827.6	820
	B	1	6.5	1760	74	88.5	706.6	930
		2	6.4	2200	82	81.0	831.4	1100
		3	6.2	1800	90	75.0	801.2	860
		4	6.0	2200	98	83.0	986.4	1100
		5	6.9	2200	76	97.0	680.2	1000
	C	1	6.0	1860	50	93.0	884.3	670
		2	6.5	2200	88	114.0	804.9	1000
		3	7.4	2200	72	106.5	1126.3	810
		4	6.6	1860	94	65.5	721.8	810
		5	6.9	1960	82	83.0	759.6	940
	平均	6.5	1982.7	80.3	87.1	823.3	923.3	

表19 緑輝栽培前土壌分析

試験区	土壌分析 (緑輝栽培前土壌)												
	pH (H2O)	pH (KC)	EC m s/%	リン酸吸収係数	可給態リン酸 m eq/100g乾土	交換性Mg m eq/100g乾土	交換性Ca m eq/100g乾土	交換性K m eq/100g乾土	CEC me/100g乾土	有機炭素 %	全窒素 %	C/N比	硝酸態窒素 ppm NO3-
対照区													
A	6.1	5.2	78.2	1532	66.0	1.5	9.3	1.8	38.1	3.0	0.3	8.7	34.8
B	6.3	5.4	74.4	1526	70.3	1.7	25.7	1.5	17.9	3.1	0.4	8.8	27.4
C	6.3	5.3	58.0	1605	47.9	1.3	9.9	1.5	19.4	2.9	0.3	9.5	24.3
平均	6.2	5.3	70.2	1554	61.4	1.5	14.9	1.6	25.2	3.0	0.3	9.0	28.8
ベツチ区													
A	6.1	5.1	80.0	1520	69.7	1.1	19.7	1.4	22.3	3.8	0.3	11.7	34.7
B	6.3	5.3	71.4	1591	53.0	1.3	15.6	1.5	19.4	2.9	0.3	8.6	30.5
C	6.3	5.3	70.5	1625	41.6	1.2	9.5	1.5	18.9	3.2	0.3	11.5	29.5
平均	6.2	5.2	74.0	1579	54.8	1.2	15.0	1.5	20.2	3.3	0.3	10.6	31.6
エンバク区													
A	6.1	5.2	66.7	1603	59.3	1.1	9.9	1.4	20.1	3.2	0.4	8.6	37.9
B	6.4	5.3	70.1	1612	48.3	1.3	10.8	1.5	24.6	2.9	0.3	8.7	30.5
C	6.2	5.2	80.4	1537	46.9	1.0	9.9	1.3	20.4	3.3	0.3	10.1	35.8
平均	6.2	5.2	72.4	1584	51.7	1.1	10.2	1.4	21.7	3.1	0.3	9.1	34.8

表20 緑輝栽培後土壌分析

試験区	土壌分析 (緑輝栽培後土壌)												
	pH (H2O)	pH (KC)	EC m s/%	リン酸吸収係数	可給態リン酸 m eq/100g乾土	交換性Mg m eq/100g乾土	交換性Ca m eq/100g乾土	交換性K m eq/100g乾土	CEC me/100g乾土	有機炭素 %	全窒素 %	C/N比	硝酸態窒素 ppm NO3-
対照区													
A	6.4	5.3	67.3	1453	49.3	1.4	10.5	1.4	23.3	3.2	0.3	10.8	30.7
B	6.6	5.3	62.5	1488	51.8	1.5	11.4	1.3	22.5	3.1	0.3	8.8	32.6
C	6.5	5.2	63.4	1480	47.3	1.2	10.5	1.3	20.0	3.5	0.3	11.6	30.6
平均	6.5	5.3	64.4	1477	49.5	1.3	10.8	1.3	21.9	3.3	0.3	10.4	31.3
ベツチ区													
A	6.4	5.2	58.8	1392	56.4	1.1	11.4	1.1	23.9	4.1	0.3	13.4	28.5
B	6.6	5.3	62.5	1455	54.7	1.3	11.4	1.3	19.7	3.3	0.3	10.8	29.6
C	6.5	5.3	64.5	1472	44.0	1.1	10.4	1.3	20.7	2.5	0.3	8.4	35.3
平均	6.5	5.3	61.9	1440	51.7	1.2	11.1	1.2	21.5	3.3	0.3	10.9	31.1
エンバク区													
A	6.5	5.3	65.6	1453	49.4	1.1	11.3	1.3	20.3	3.9	0.3	11.7	33.6
B	6.6	5.4	64.9	1494	49.2	1.3	11.5	1.4	20.1	2.9	0.3	9.9	29.7
C	6.5	5.3	57.7	1491	46.5	1.1	10.5	1.3	21.8	3.2	0.3	12.4	32.7
平均	6.5	5.3	62.7	1479	48.4	1.2	11.1	1.3	20.8	3.3	0.3	11.3	32.0