

平成 22 年度
(2011 年 3 月)

卒業論文

題目

イアコーン残渣のすき込みに伴う
窒素飢餓の検証

生態系環境科学ユニット

岡村廉

(指導教官：筒木潔)

目次

第1章 緒論

第2章 材料および方法

2-1 インキュベーション実験

2-1-1 供試土壌

2-1-2 実験方法

2-1-3 イアコーン残渣

2-1-4 イアコーン残渣添加量

2-1-5 施肥量

2-1-6 区的设计

2-1-7 分析間隔

2-1-8 操作

2-1-9 分析日時

2-2 ポット試験

2-2-1 供試土壌

2-2-2 方法

2-2-3 作業内容

2-3 小麦栽培試験

2-3-1 使用試験区

2-3-2 作業内容

2-3-2-1 施肥

2-3-2-2 播種

2-3-2-3 収穫

2-3-3 調査項目

2-3-3-1 生育調査

2-3-3-2 収量調査

第3章 調査方法および分析方法

3-1 インキュベーション実験

3-1-1 土壌の一般理化学性

3-1-2 アンモニウム態窒素、硝酸塩態窒素

3-2 ポット試験

3-2-1 土壌の一般理化学性

3-2-2 発芽率

3-2-3 草丈

- 3-2-4 生重
- 3-2-5 乾物重
- 3-3 春小麦栽培試験
 - 3-3-1 土壤の一般理化学性
 - 3-3-2 草丈
 - 3-3-3 稈長
 - 3-3-4 穂長
 - 3-3-5 茎数
 - 3-3-6 有効穂数
 - 3-3-7 総重
 - 3-3-8 稈重
 - 3-3-9 子実重
 - 3-3-10 1000粒重
 - 3-3-11 1L重
 - 3-3-12 子実重歩合

第4章 結果

- 4-1 インキュベーション実験
 - 4-1-1 土壤の一般理化学性
 - 4-1-2 アンモニア態窒素、硝酸塩態窒素
- 4-2 ポット試験
 - 4-2-1 土壤の一般理化学性
 - 4-2-2 発芽率
 - 4-2-3 草丈
 - 4-2-4 生重
 - 4-2-5 乾物重
- 4-3 春小麦栽培試験
 - 4-3-1 土壤の一般理化学性
 - 4-3-2 草丈
 - 4-3-3 稈長
 - 4-3-4 穂長
 - 4-3-5 茎数
 - 4-3-6 有効穂数
 - 4-3-7 総重
 - 4-3-8 稈重
 - 4-3-9 子実重

- 4-3-10 1000 粒重
- 4-3-11 1L 重
- 4-3-12 子実重歩合

第5章 考察

- 5-1 インキュベーション実験
- 5-2 ポット試験
- 5-3 春小麦栽培試験

第6章 要約

謝辞

引用文献

参考文献

第1章 緒論

近年畜産業の経営規模拡大、輸入飼料の価格高騰により、飼料の確保が難しく、輸入飼料の代替となる濃厚飼料の自給率向上が求められている。現在の自給飼料はホールクロップサイレージが主流であるが、粗飼料としての性質が強く、また茎葉などの収穫残渣のすき込みができないことから地力の収奪が起りやすい。一方、飼料用トウモロコシの雌穂は乾物生産性が高く、栄養価に富み、飼料価値が高いことから、濃厚飼料に替わる自給飼料として期待されている。しかし、日本の畜産業界における限られた土地では自給飼料の生産に向けた作付面積が増やせず、濃厚飼料の自給率は増加傾向にない。一方、畑作地帯においては、土壌構造の悪化に伴う保水性・排水性の悪化や作物への可給態養分の偏り、微生物相の単純化による病害の多発など、地力の低下が進んでいる。これらの畜産および畑作現場の問題を改善するために、畑作地帯で飼料用トウモロコシを作付し、完熟した雌穂のみを収穫・飼料化し、残った茎葉残渣は緑肥として土壌へすき込み地力の向上を図るという研究が進められている。

畑作地帯において、根粒菌が空中窒素を固定するアカクローバーや粗大有機物を供給できるソルゴーなど、緑肥作物は古くから堆厩肥とともに畑作農家に土づくり作物として親しまれてきた。現在でも緑肥作物を栽培しすき込むことで、団粒構造の形成、浸水・排水性の改善、保肥力の増大、クローニングクロープ、キタネグサレセンチュウやキタネコブセンチュウなどの有害線虫の抑制など、土壌の物理性・化学性・生物性のあらゆる面から土壌を肥沃化できることから、緑肥栽培は休閒緑肥や後作緑肥として取り入れられている。しかし、緑肥作物は肥料代や管理費用がかかり収益が低いとされる。また北海道においては食用トウモロコシも栽培されており、作付面積にも限度がある。しかし畑作地帯での飼料用トウモロコシの作付けおよび茎葉残渣のすき込みは、トウモロコシ雌

穂の販売による現金収入と緑肥による肥沃度改善が同時に期待できるため、畑作農家の経営支援につながる可能性がある。また、近年では、高齢化や経営面の理由から作目の単一化が進んでいるため、栽培管理がしやすく作業の体系化が進んでいる飼料用トウモロコシの作付けを輪作体系に組み込むことは、これらの問題を解決する糸口になると考えられる。

以上から飼料用トウモロコシの雌穂を収穫した後の茎葉残渣すき込みによる緑肥効果が認められれば、畑作農家に飼料用トウモロコシの作付けを取り入れた新しい輪作体系を推進することができ、さらに濃厚飼料自給率向上につながると考えられる。

しかし飼料用トウモロコシの茎葉残渣のような大量の有機物を土壌中にすき込むと窒素飢餓が発生し、後作作物の生育を阻害することが懸念されている。そこで本研究では飼料用トウモロコシの雌穂であるイアコーンの収穫残渣が土壌にすき込まれたとき、窒素飢餓がどのように発現し、作物に影響を与えるかを検証した。

第2章 試料および方法

2-1 インキュベーション実験

2-1-1 供試土壌

試供土壌には帯広市音更町十勝牧場（以下、十勝牧場）の表層多腐植質黒ボク土（4月21日採取）と帯広畜産大学構内学生実験圃場（以下、畜大精密圃場）の淡色黒ボク土（4月28日採取）を選択し、2 mmの篩にかけたものを使用した。それぞれイアコーン非すき込み区の土壌である。

2-1-2 実験方法

土壌にイアコーン茎葉粉末、アンモニウム態肥料を混合し、一定温度(25℃)でインキュベーションをし、経時的にアンモニウム態窒素および硝酸塩態窒素を測定した。

2-1-3 イアコーン残渣

畜大精密圃場で2009年に栽培したイアコーンの実の部分全てを収穫した後、茎葉残渣を10月30日にハーベスタで裁断した。実験に用いたイアコーン茎葉はこの際に裁断された残渣を圃場でサンプリングしたものである。インキュベーション用には、これを風乾し、分析用ミルで粉碎したものをを用いた。

2-1-4 イアコーン残渣添加量

畜大精密圃場での2009年のイアコーン残渣すき込み量は乾物463 kg/10aであった。他方、十勝牧場の苗4圃場連作区でのすき込み量は705 kg/10aであった。これらのすき込み量は土壌10 g当たり精密圃場では46.3 mg、十勝牧場では70.5 mgに相当した。これらの実際のすき込み量とほぼ対応させるため、インキュベーション実験における残渣添加量は50 mg および100 mg/10gとした。

2-1-5 施肥量

窒素 100 kg/10a 施用を想定し、計算した。

$$10 \text{ kg}/10\text{a} = 10 \text{ kg}/100\text{Mg} = 10 \text{ g}/100\text{Kg} = 100 \text{ mg}/\text{kg} = 1 \text{ mg}/10\text{g}$$

よって硫酸施肥量 (N:21%) 4.76 mg/10g を添加した。

2-1-6 区的设计

十勝牧場および畜大精密圃場のいずれも

- | | | |
|-----------------|---|--------|
| ① 無施肥・残渣無添加 | → | N-C0 |
| ② 無施肥・残渣 50 mg | → | N-C50 |
| ③ 無施肥・残渣 100 mg | → | N-C100 |
| ④ 施肥・残渣無添加 | → | N+C0 |
| ⑤ 施肥・残渣 50 mg | → | N+C50 |
| ⑥ 施肥・残渣 100 mg | → | N+C100 |

の 6 区を設けた。各区の略称は上記のように記号で表示することとする。

繰り返しは 3 連で行った。

2-1-7 分析間隔

スタート時、2 週間後、4 週間後、8 週間後、14 週間後、20 週間後に測定した。

2-1-8 操作

まず 100 mL アイボーイ ポリビンに 10 g の風乾土を添加した。次に対応す

る区に 50 mg、100 mg のイアコーン残渣を添加した。また無施肥区は脱イオン水を、施肥区は硫酸添加水を使用土壌の最大容水量 60% となるように添加した。本供試土壌の場合は十勝牧場土壌には 5.337 mL、精密圃場土壌には 4.925 mL を添加した。ポリビンをポリエチレンフィルムと輪ゴムで覆いをし、全体の重量を測定後、25°C で所定の期間インキュベーションした。所定期間後、2N KCl 100 mL を添加して、振とう機で 30 分間振とうし、Advantec No.6 ろ紙を使用してろ過した。ろ液を 2 倍希釈するために、ろ液と 2N KCl を 3.5 mL ずつマイクロピペットで取り、帯広畜産大学地域連携センターにおいて FIA star 5000 Dual Channel System(フォス・ジャパン社)を用いてフローインジェクション法により、ろ液中のアンモニウム態窒素および硝酸塩態窒素を測定した。

2-1-9 分析日時

8 月 23 日にインキュベータにサンプルを入れた。その後 9 月 6 日、9 月 20 日、10 月 18 日、11 月 29 日、1 月 10 日に抽出を行った。

2-2 ポット試験

イアコーン残渣すき込み後の経過時間がコマツナの生育に及ぼす影響を比較した。

2-2-1 供試土壌

畜大精密圃場の淡色黒ボク土（イアコーン残渣すき込み区の東に隣接した地点から採取した）を 2 mm の篩にかけて使用した。

2-2-2 方法

1/5000 a のワグネルポットに排水管と赤玉土を底から 5 cmのところまで入れ、土壌を 1 kg 入れた。その後、すき込み区のポットにはイアコーン残渣（生重 40 g）を混合した土壌を、非すき込み区のポットには残渣を混合していない土壌を 1 kg ずつ追加した。ポットに土を入れた直後、4 週間後、8 週間後、12 週間後にコマツナ栽培を開始し、すき込み区と非すき込み区の生育を比較した。残渣すき込み量は乾物重で約 10 g なので 500 kg/10a に相当し、圃場試験でのすき込み量に近い値である。施肥は 1/5000a 当り 尿素 0.857 g KH_2PO_4 1.15 g とし、播種の 2 日前に施用した。この施肥量は 10 a 当たり N 20 kg、 P_2O_5 30 kg、 K_2O 19.9 kg に相当する。栽培作物はコマツナ（タキイ種苗 夏楽天）で、ポットの 5 か所に 3 粒ずつ播種した。

2-2-3 作業内容

残渣施用：6 月 7 日、7 月 5 日

	残渣施用 直後	残渣施用 4 週間後	残渣施用 8 週間後	残渣施用 12 週間後
施肥	7 月 8 日	7 月 8 日	8 月 7 日	9 月 4 日
播種	7 月 10 日	7 月 10 日	8 月 9 日	9 月 6 日
発芽率調査	7 月 12 日～ 19 日	7 月 12 日～ 19 日	8 月 11 日～8 月 22 日	9 月 9 日～17 日
収穫	8 月 6 日	8 月 6 日	9 月 6 日	10 月 5 日

混合直後に播種したコマツナは猛暑の影響で発芽しなかったため、4 週目の播種(7 月 10 日)に合わせてもう一度ポットに土壌を充填し直して栽培した。

2-3 春小麦栽培試験

2-3-1 使用試験区

使用試験区は畜大精密圃場のイアコーンすき込み区とイアコーン非すき込み区を使用した。すき込み区は2009年秋に栽培したイアコーンの残渣をすき込みであり、すき込み量は生重で13.7 t/ha、乾物重で4.63 t/haである。試験区の大きさは各区ともに17 m×12.5 m=212.5 m²とした。畝幅は30 cmとした。よって畝数は17/0.3=57.7本 → 58本となる。また各試験区を下図のように4区画に分け、全体を8区画とした。

すき込み 5	すき込み 6		非すき込み 7	非すき込み 8
すき込み 1	すき込み 2		非すき込み 3	非すき込み 4

2-3-2 作業内容

2-3-2-1 施肥

施肥は4月28日に全面散布法で実施した。

表1 春小麦への施肥量

成分量		肥料施用率		212.5 m ² 当たりの施肥量
N	8 kg/10a	硫安	38 kg/10a	8.075 kg
P ₂ O ₅	15 kg/10a	40 苦土重焼燐	37.5 kg/10a	7.968 kg
K ₂ O	8 kg/10a	硫酸カリ	16 kg/10a	3.4 kg

肥料の作土へのすき込み・混合は小型耕運機を使用し、5月2日に実施した。

2-3-2-2 播種

播種は5月5日に実施した。品種名は春よ恋を使用し、10 a 当りの播種量を12 kgとした。畝1本あたり44 g、1 mあたり3.52 gの種子を播種した。

2-3-2-3 収穫

収穫は8月4日に実施した。対象は各区内で畝数8本（連続）畦長2 mを坪刈り収穫した。

$240 \text{ cm} \times 200 \text{ cm} = 4.8 \text{ m}^2$ に相当する。

2-3-3 調査項目

調査項目は北海道立農業試験場の奨励品種決定現地調査等の実施手引き及び特性調査基準に基づいて設定した。

2-3-3-1 生育調査

- ・草丈
- ・稈長
- ・穂長
- ・茎数
- ・有効穂数

2-3-3-2 収量調査

- ・ 総重
- ・ 稈重
- ・ 子実重
- ・ 1000 粒重
- ・ 1 L 重
- ・ 子実重歩合

第3章 調査方法と分析方法

3-1 インキュベーション実験

3-1-1 土壌の一般理化学性

インキュベーション実験に使用した十勝牧場の表層多腐植質黒ボク土と畜大精密圃場の淡色黒ボク土（4月28日採取）の一般理化学性を調べた。分析は十勝農協連農産科学研究所に依頼した。なお十勝牧場の土壌については5月28日に採取した対照区4区の平均値を示した。

3-1-2 アンモニウム態窒素、硝酸塩態窒素

帯広畜産大学地域共同センターにおいて FIA star 5000 Dual Channel System(フォス・ジャパン社)を用いてフローインジェクション法により行った。アンモニウム態窒素量と硝酸塩態窒素量を足して土壌中の全無機態窒素量を算出した。

3-2 ポット試験

3-2-1 土壌の一般理化学性

ポット試験に使用した畜大精密圃場の淡色黒ボク土（5月24日採取およびふるい分け）の一般理化学性を調べた。分析は十勝農協連農産科学研究所に依頼した。

3-2-2 発芽率

以下の計算式で算出した。

$(\text{間引き時に発芽している芽の数} / 1 \text{ポットに播種した種子数}) \times 100$

間引いた時に発芽しているコマツナの数をもとに1ポット当りの種子数で除して

100 を乗じた。

3-2-3 草丈

一番大きい葉を選択し、根際からの長さを定規で測定した。

3-2-4 生重

根際から刈り取った後、直ちに測定した。

3-2-5 乾物重

収穫したコマツナを水道水およびイオン交換水で洗浄後、乾燥機に入れ、70℃で1日乾燥させたものを測定した。

3-3 春小麦栽培試験

3-3-1 土壌の一般理化学性

春小麦栽培試験で使用した畜大精密圃場のイアコーンすき込み区と非すき込み区土壌の一般理化学性を調べた。土壌は試験の前後である5月と10月に採取した。分析は十勝農協連農産科学研究所に依頼した。

3-3-2 草丈

畦の200 cm間の中から20本を選択し、地際より頂端までの長さを測定した。

3-3-3 稈長

畦の200 cm間の中から20本を選択し、地際より穂首までの長さを測定した。

3-3-4 穂長

畦の 200 cm間の中から 20 本を選択し、穂首から穂の先端までの長さを測定した。

3-3-5 茎数

畦の 200 cm間の茎数を数え、 m^2 当たりに換算した。

3-3-6 有効穂数

畦の 200 cm間の有効な穂（遅れ穂、被害穂を除く）を数え、 m^2 当たりに換算した。

3-3-7 総重

乾燥後脱穀直前における子実を付けたままの重量を秤量し、 m^2 当たりに換算した。

3-3-8 稈重

子実を脱穀した後の稈の重量を秤量し、 m^2 当たりに換算した。

3-3-9 子実重

脱穀調整して乾燥後の重量を秤量し、 m^2 当たりに換算した。

3-3-10 1000 粒重

10 g の粒数を 2 回測定し、平均粒数から換算した。

3-3-11 1L重

50 mLメスシリンダーで2回測定し、その平均から換算した。

3-3-12 子実重歩合

以下の計算式で算出した。

$$(\text{子実重}/\text{総重}) \times 100$$

4-1 インキュベーション実験

4-1-1 土壌の一般理化学性

表2 インキュベーションおよびポット試験に使用した土壌の一般理化学性

項目群	項目	単位	基準値	十勝牧場 2010.5.28	精密圃場 2010.5.24
一般項目					
	pH(H ₂ O)		5.5~6.5	6.08 ± 0.05	6.4
	有効態リン酸	mg/100g	10~30	2.65 ± 0.38	12.5
	交換性カリウム	mg/100g	15~30	18.3 ± 4.59	69.3
	交換性マグネシウム	mg/100g	25~45	28.9 ± 2.66	28.5
	交換性カルシウム	mg/100g	CEC の 40~60%	342 ± 21	269.2
	Mg/K	当量比	2 以上	3.78 ± 0.59	1.0
	Ca/Mg	当量比	6 以下	8.55 ± 0.52	6.8
	石灰飽和度	%	40~60	28.6 ± 1.47	42.3
	塩基飽和度	%	60~80	32.9 ± 1.96	55
微量元素					
	銅	ppm	0.5~8	0.16 ± 0.04	0.58
	亜鉛	ppm	2~40	14.5 ± 1.52	3.95
	マンガン	ppm	50~500	21.1 ± 2.54	57.2
	ホウ素	Ppm	0.5~1	0.97 ± 0.06	0.93
窒素					
	熱水抽出性窒素	mg/100g	5~7	11.5 ± 1.2	8.73
	全窒素	%		0.62 ± 0.02	0.30
	硝酸態窒素	mg/100g		1.39 ± 0.20	1.12
	アンモニア態窒素	mg/100g		0.76 ± 0.08	0.90
土壌性質					
	リン酸吸収係数			1997 ± 37.6	1538
	CEC	me/100g		42.6 ± 0.7	22.7
	仮比重			0.69 ± 0.04	0.70
その他					
	腐植含量	%		14.6 ± 0.5	5.40
	炭素含量	%		8.48 ± 0.29	3.13
	C/N			13.8 ± 0.08	10.4

注)十勝牧場については対照区 4 区の平均と標準偏差を示した。

4-3 春小麦栽培試験

4-3-1 土壌の一般理化学性

表 3 春小麦生育試験の土壌の一般理化学性

項目群	項目	4 月 27 日		10 月 15 日	
		すき込み区	非すき込み区	すき込み区	非すき込み区
一般項目					
	pH(H ₂ O)	6.05 ± 0.13	6.45 ± 0.06	6.03 ± 0.13	6.35 ± 0.06
	有効態リン酸	8.75 ± 1.16	8.10 ± 0.80	8.55 ± 1.39	9.18 ± 1.67
	交換性カリウム	51.9 ± 3.99	64.0 ± 13.8	45.5 ± 3.66	50.6 ± 7.09
	交換性マグネシウム	24.8 ± 3.46	25.8 ± 3.31	22.1 ± 2.39	21.3 ± 2.76
	交換性カルシウム	176 ± 19	223 ± 15	199 ± 30	232 ± 23
	Mg/K	1.13 ± 0.10	0.95 ± 0.06	1.15 ± 0.10	0.98 ± 0.05
	Ca/Mg	5.15 ± 0.17	6.28 ± 0.82	6.48 ± 0.47	7.93 ± 1.01
	石灰飽和度	30.4 ± 2.90	37.9 ± 2.73	30.5 ± 4.13	37.3 ± 0.70
	塩基飽和度	41.7 ± 3.83	50.5 ± 2.80	39.3 ± 4.38	47.6 ± 0.57
微量元素					
	銅	0.78 ± 0.03	0.73 ± 0.03	0.68 ± 0.05	0.67 ± 0.04
	亜鉛	32.5 ± 3.97	33.3 ± 6.32	2.82 ± 0.70	2.33 ± 0.30
	マンガン	69.8 ± 2.20	66.3 ± 1.56	61.4 ± 2.79	58.0 ± 1.88
	ホウ素	0.91 ± 0.03	0.78 ± 0.09	0.79 ± 0.05	0.67 ± 0.13
窒素					
	熱水抽出性窒素	5.90 ± 0.2	6.08 ± 0.7	6.03 ± 0.3	6.24 ± 0.5
	全窒素	0.30 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.26 ± 0.02
	硝酸態窒素	0.72 ± 0.14	0.88 ± 0.20	1.29 ± 1.60	0.38 ± 0.09
	アンモニア態窒素	0.48 ± 0.07	0.48 ± 0.05	0.75 ± 0.11	0.65 ± 0.12
土壌性質					
	リン酸吸収係数	1673 ± 35.9	1629 ± 87.9	1617 ± 47.4	1533 ± 25.9
	CEC	20.7 ± 1.0	21.0 ± 0.7	23.3 ± 0.7	21.9 ± 2.0
	仮比重	0.70 ± 0.02	0.67 ± 0.02	0.84 ± 0.03	0.84 ± 0.02
その他					
	腐植含量	5.40 ± 0.2	4.65 ± 0.3	5.38 ± 0.3	4.70 ± 0.4

炭素含量	3.13 ± 0.09	2.70 ± 0.15	3.12 ± 0.19	2.73 ± 0.22
C/N	10.4 ± 0.17	10.8 ± 0.33	10.8 ± 0.44	10.5 ± 0.33

注：単位および基準値については表 2 に示した。

4-1-2 アンモニア態窒素、硝酸塩態窒素

アンモニア態窒素の動態

十勝牧場土壌において硫安を添加していない3区は2週目に約15 mg/kgまで減少した。硫安を添加した3区で残渣無添加区は2週目に44 mg/kgまで減少し、残渣を添加した2区は約16 mg/kgまで減少した。以降は8週目をピークとしていずれの区でも再びアンモニア態窒素がわずかに生成したが、20週目にはどの区もほぼすべてのアンモニア態窒素が無くなった。(図1)

精密圃場土壌において施肥区は2週目に約20 mg/kgまで減少した。しかしその後14週目までは再び増加していった。無施肥区は増減を繰り返した。両区とも20週目にはほぼすべてのアンモニア態窒素が無くなった。(図2)

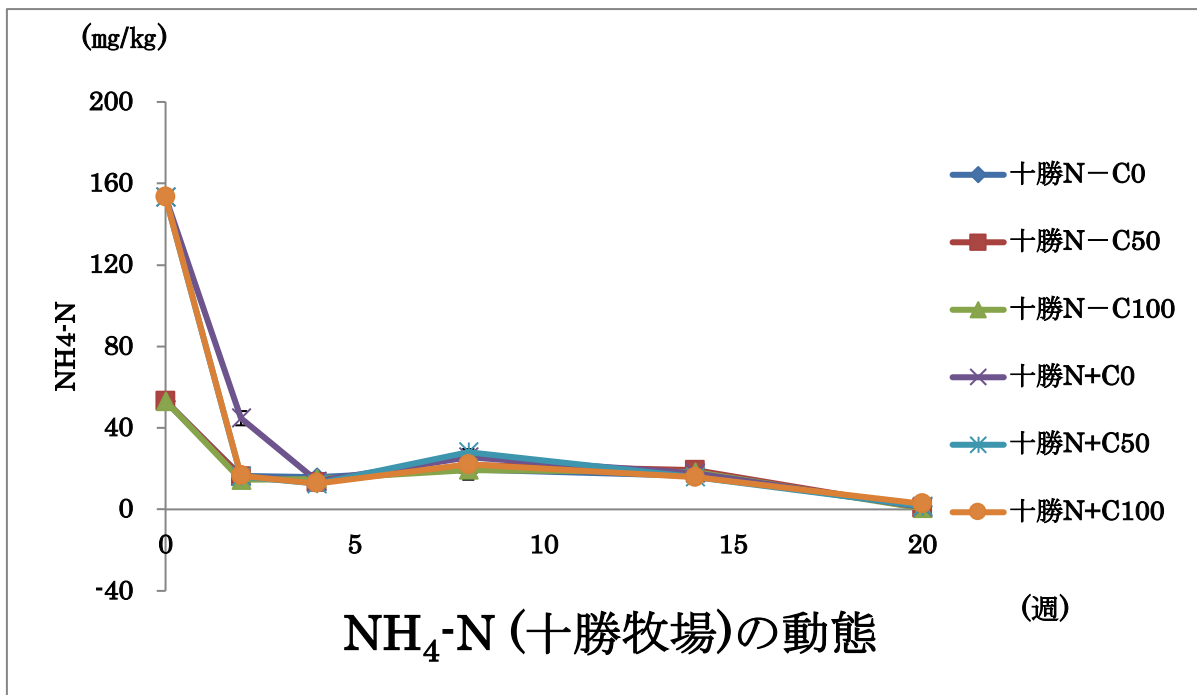


図1 十勝牧場土壌におけるNH₄-Nの動態

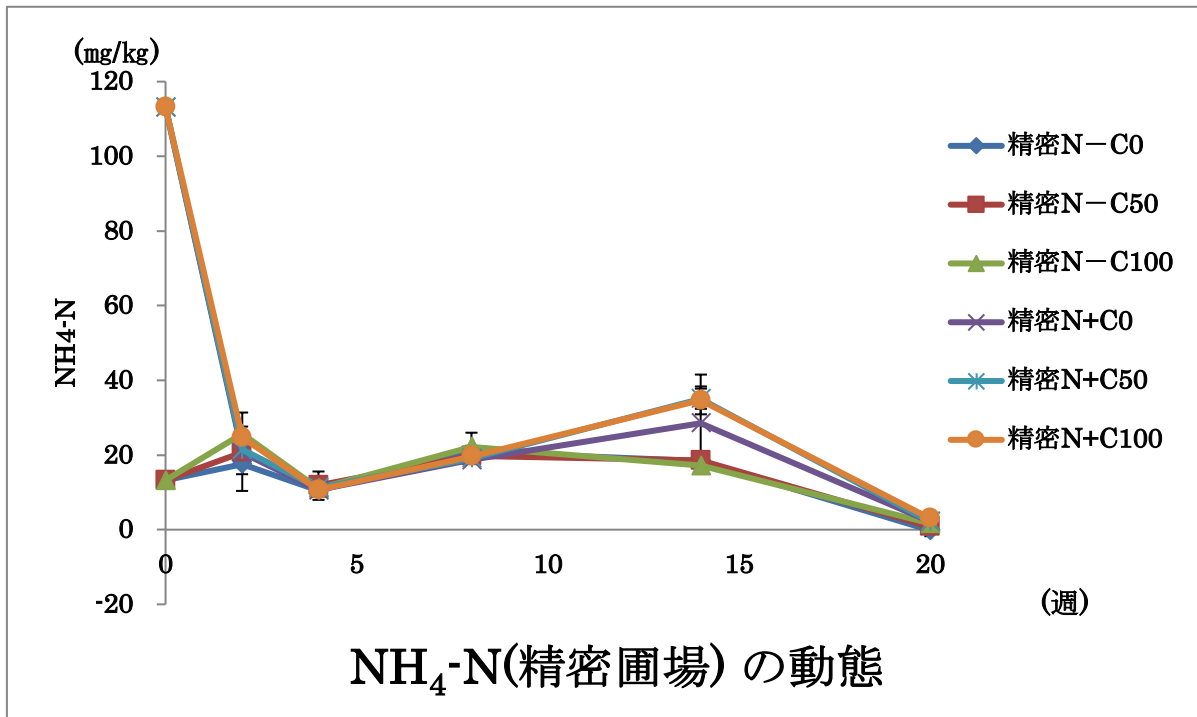


図 2 精密圃場土壌における NH₄-N の動態

硝酸塩態窒素の動態

十勝牧場土壌の硝酸塩態窒素は無施肥区ではどの区も時間が経過するごとに増加傾向にあった。また、イアコーン残渣の添加量が多いほど無機化が遅れていた。しかし、施肥区の 2, 4 週目はイアコーン残渣の添加量が増加しても同様に増加した(図 3)。また、精密圃場土壌の硝酸塩態窒素は十勝牧場同様に時間が経過するごとに増加傾向にあったが、無施肥区では残渣添加量が多いほど無機化が遅れていた。特に N-C100 区は 4 週目まで初期の 10 mg/kg から全く増加しなかった。(図 4)

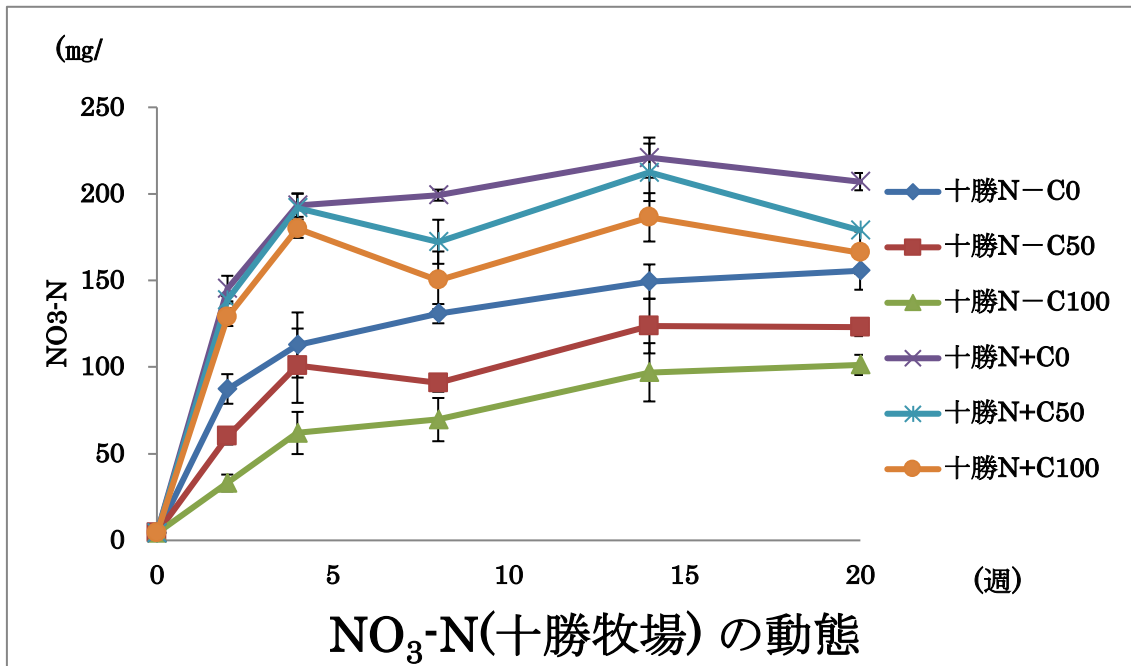


図 3 十勝牧場土壌における NO₃-N の動態

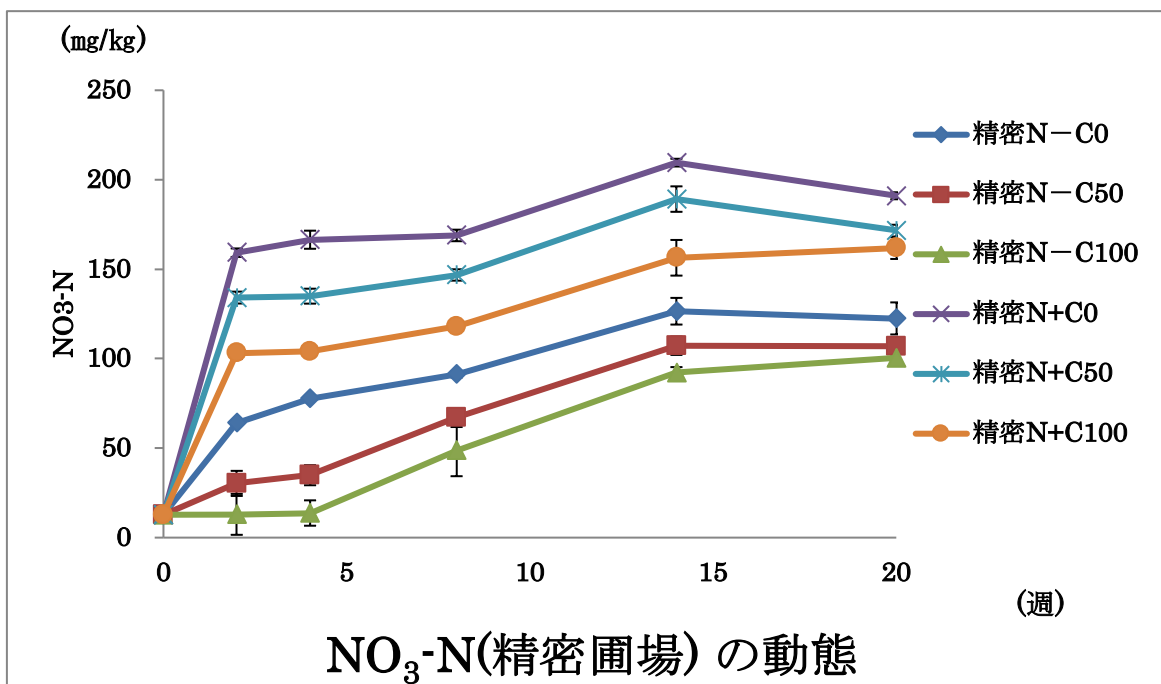


図 4 精密圃場土壌における NO₃-N の動態

全無機態窒素の動態

アンモニア態窒素量と硝酸塩態窒素量を足して土壌中の全無機態窒素を算出

した。十勝牧場も精密圃場もイアコーン残渣を添加した区は無機態窒素が減少する週があった。十勝牧場は2, 8週目で、精密圃場は4週目で全無機態窒素が減少する傾向にあった。また、20週目は全ての区で無機態窒素量が減少した。

(図5、図6)

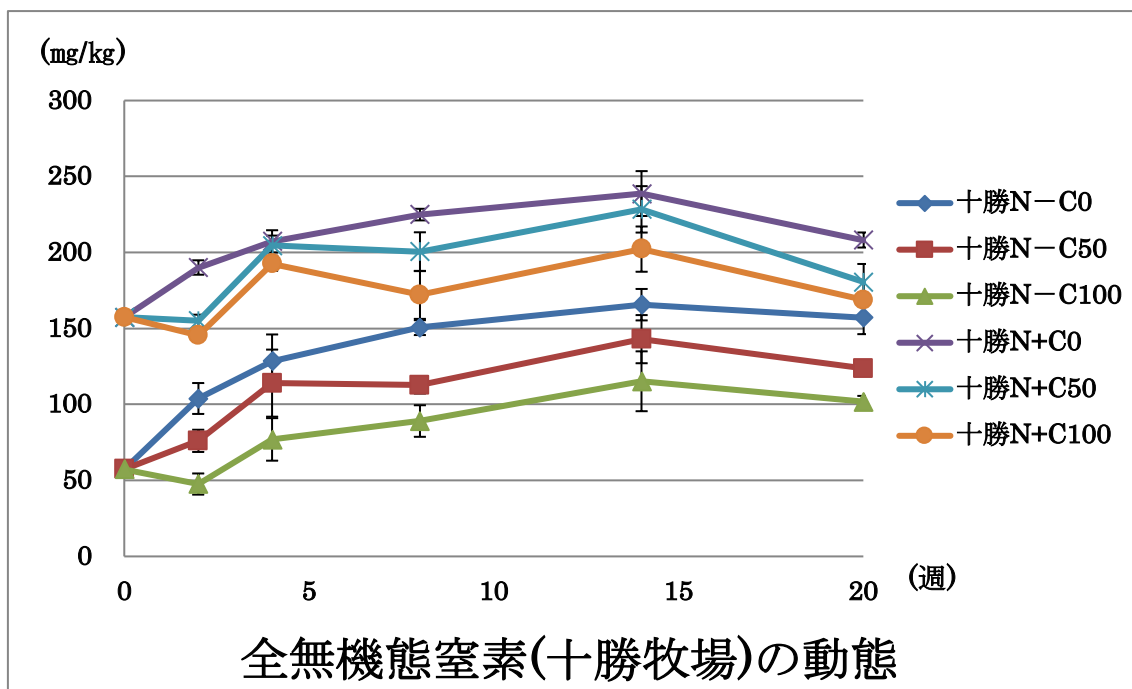


図5 十勝牧場土壌における全無機態窒素の動態

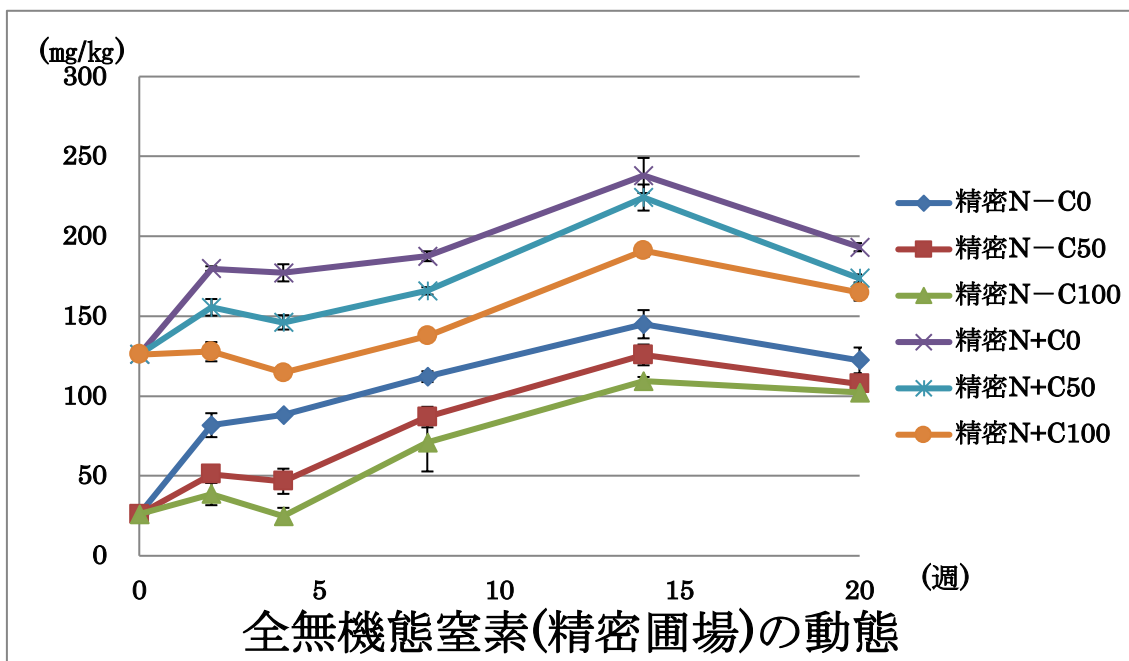


図 6 精密圃場土壌における全無機態窒素の動態

4-2 ポット試験

4-2-1 土壌の一般理化学性

ポット試験に使用した土壌の一般理化学性は前項 4-1-1 の表 2 に記した。

4-2-2 発芽率

土壌とイアコーンを混合して直後に播種したコマツナの出芽率は 70% であったが、混合 12 週間後に播種したコマツナの出芽率は 90% を超えた。(図 7)

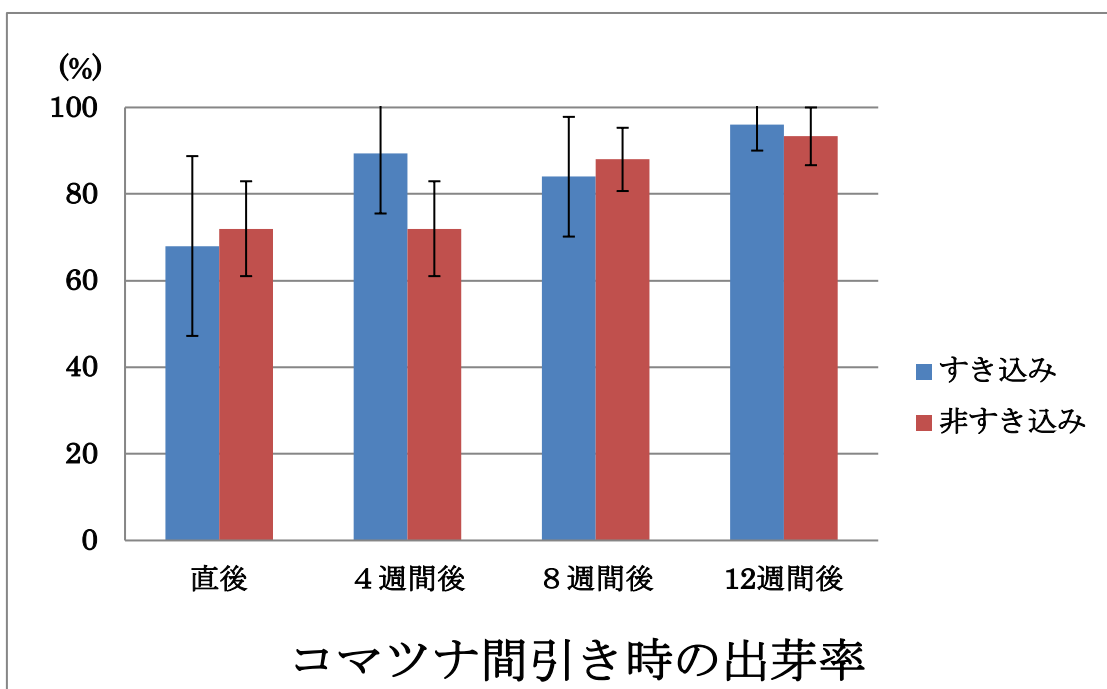


図 7 コマツナ間引き時の出芽率

4-2-3 草丈

統計ソフト JMP 8.0 を使用し、Tukey-Kramer の HSD 検定法($p < 0.05$)を用いて有意差検定を行った。すき込み区と非すき込み区では有意差が見られなかった。しかし、すき込み区の方が生育にバラつきが見られ、残渣施用後播種までの経過時間が長いほどバラつきが減少していった。(図 8)

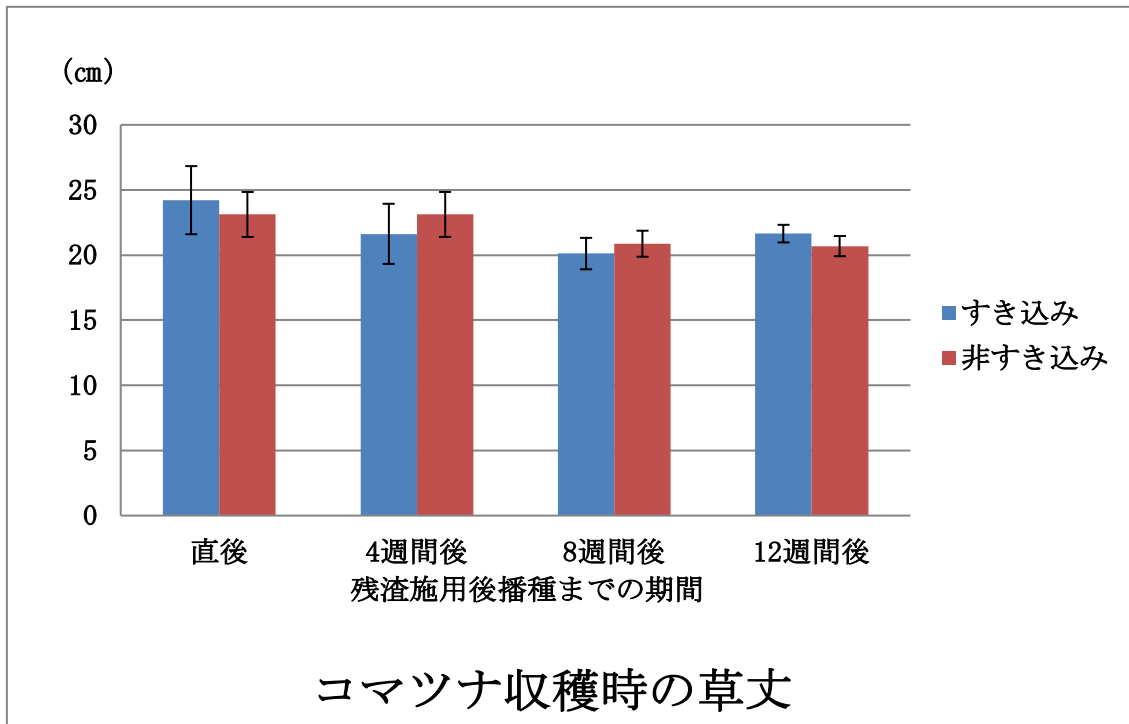


図 8 コマツナ収穫時の草丈

4-2-4 生重

生重においてもすき込み区と非すき込み区では有意差は見られなかった。しかし、すき込み区の方が生育にバラつきが見られ、残渣施用後播種までの経過時間が長いほどバラつきが減少していった。(図 9)

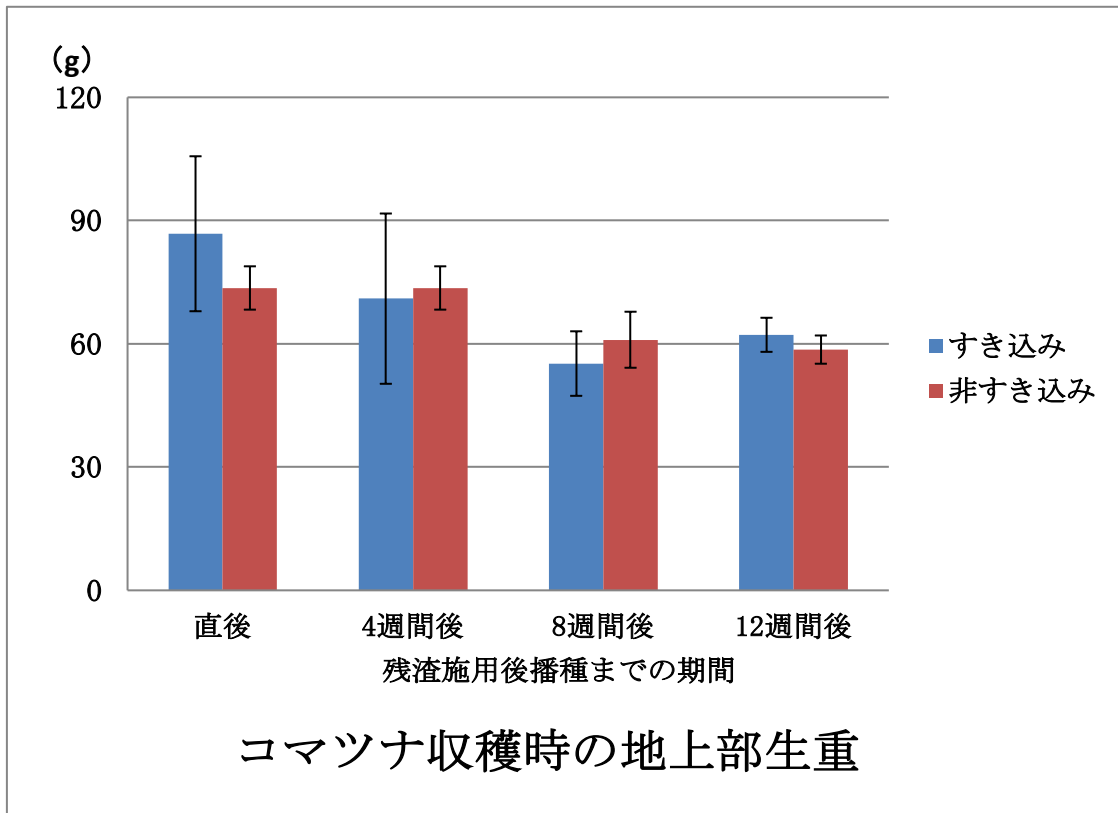


図 9 コマツナ収穫時の地上部生重

4-2-5 乾物重

乾物中においてもすき込み区と非すき込み区では有意差は見られなかった。しかし、すき込み区の方が生育にバラつきが見られ、残渣施用後播種までの経過時間が長いほどバラつきが減少していった。(図 10)

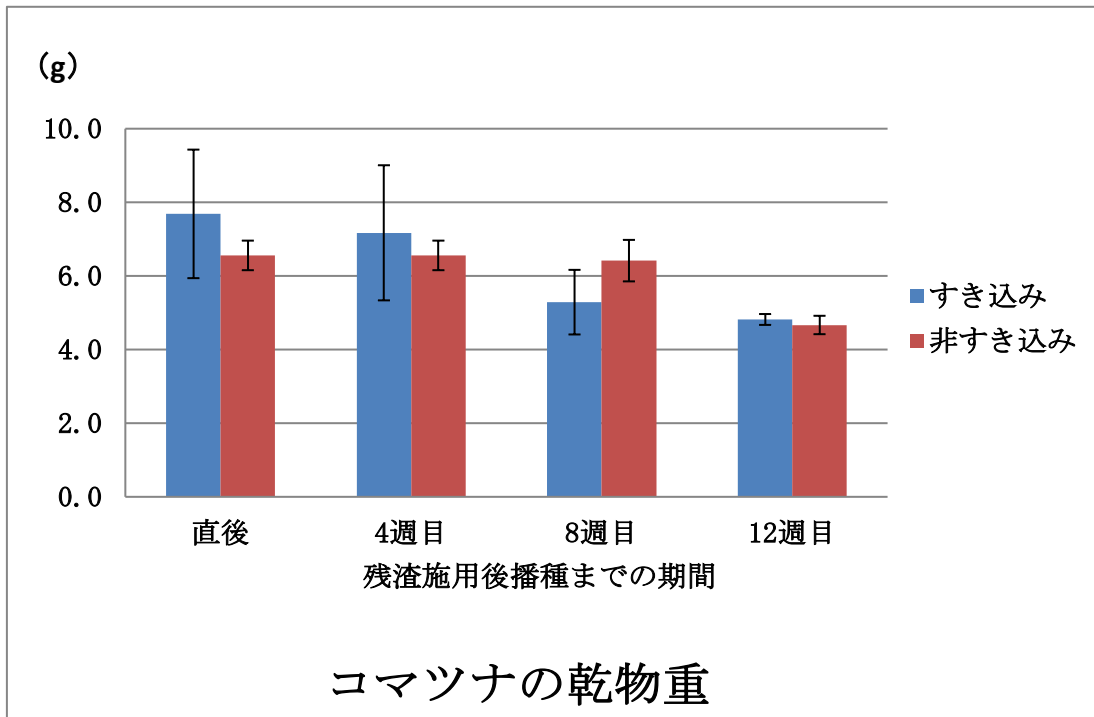


図 10 コマツナの乾物重

4-3-2 草丈

調査項目の分析は統計ソフト JMP ソフト 8.0 を使用し、Tukey-Kramer の HSD 検定法($p < 0.05$)を用いて有意差検定を行った。すき込み区の平均は 88.4 cm で非すき込み区の平均は 86.9 cm とあまり差はなかった。しかし、すき込み区の方が生育は良好であり、Tukey-Kramer の HSD 検定の結果、5%水準で有意差があった。(図 11)

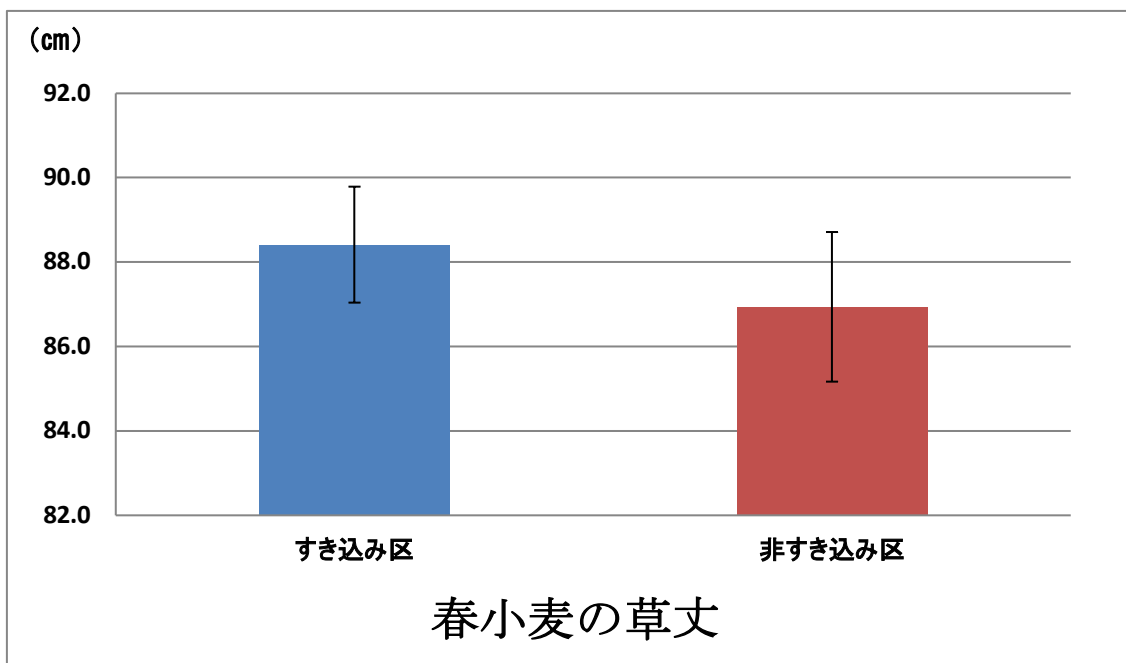


図 11 春小麦の草丈の比較

4-3-3 稈長

すき込み区の平均は 80.5 cm で非すき込み区の平均は 79.1 cm とあまり差はなかった。しかし、すき込み区の方が生育は良好であり 5%水準で有意差があった。(図 12)

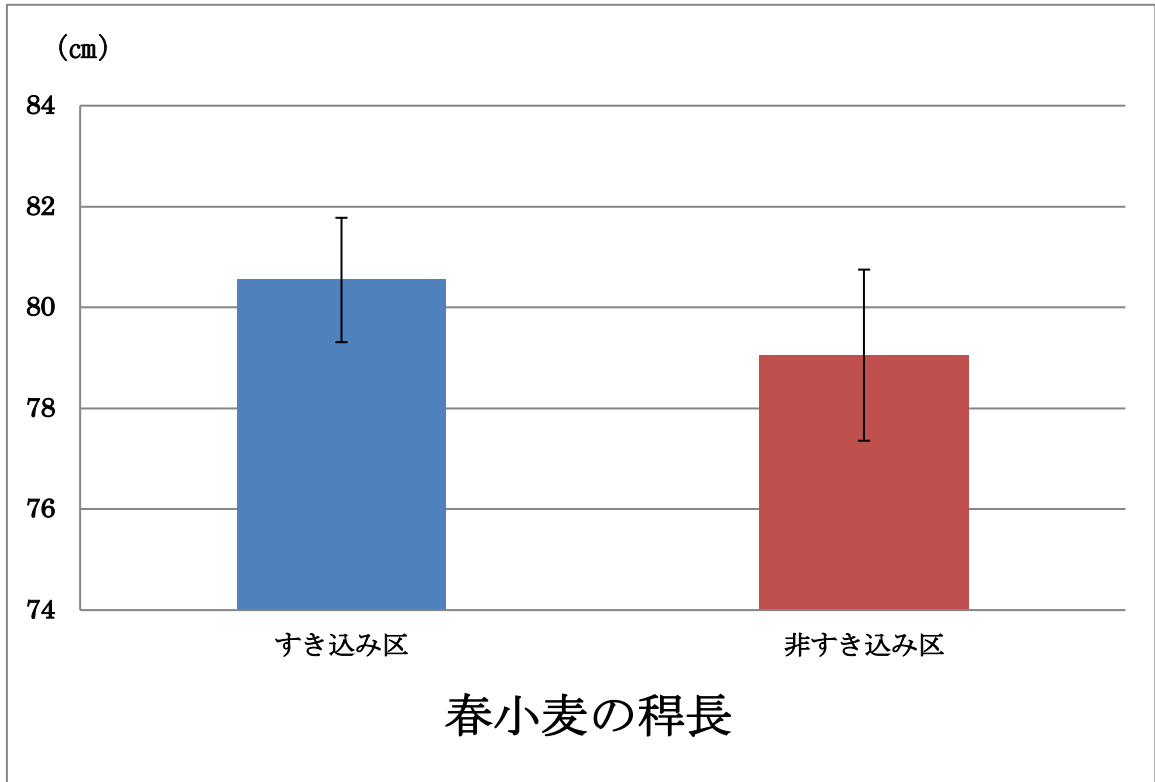


図 12 春小麦の稈長の比較

4-3-4 穂長

すき込み区と非すき込み区では有意差はなく、平均もほぼ同じであった。若干ではあるがすき込み区の方がバラつきは大きかった。(図 13)

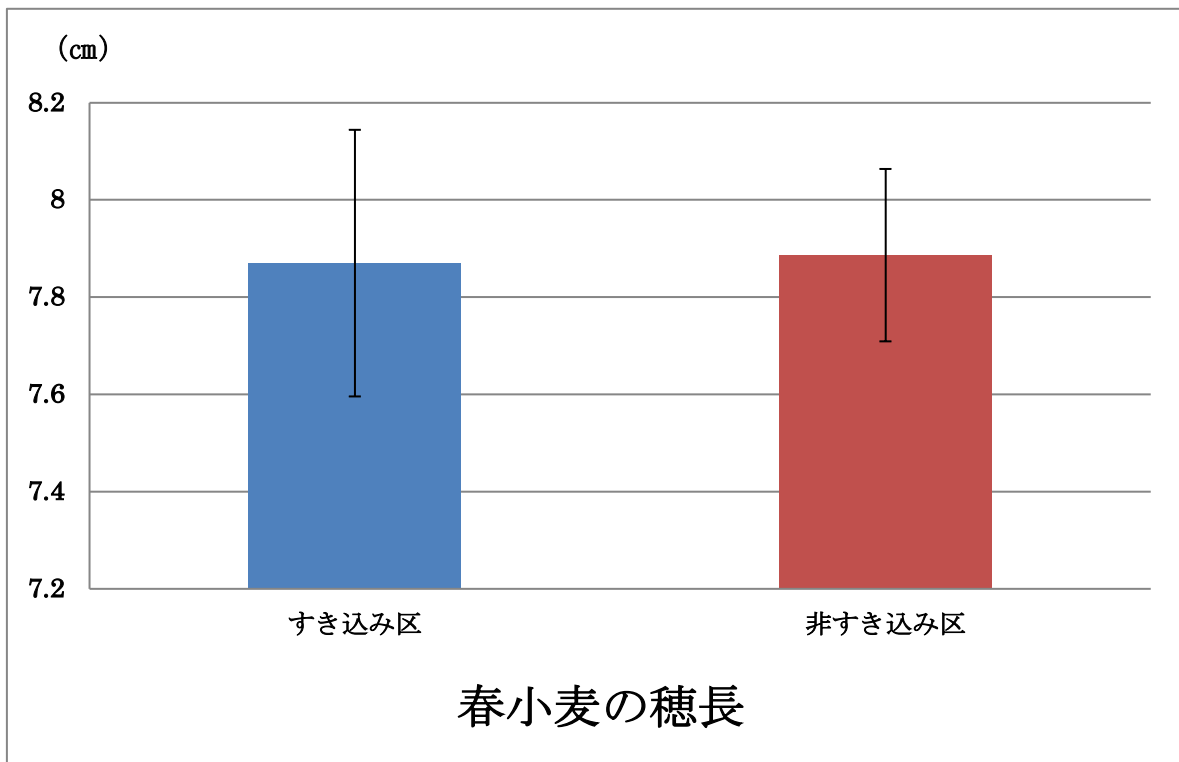


図 13 春小麦の穂長の比較

4-3-5 茎数

すき込み区と非すき込み区では 5%水準で有意差があり、茎数はすき込み区の方が多かった。(図 14)

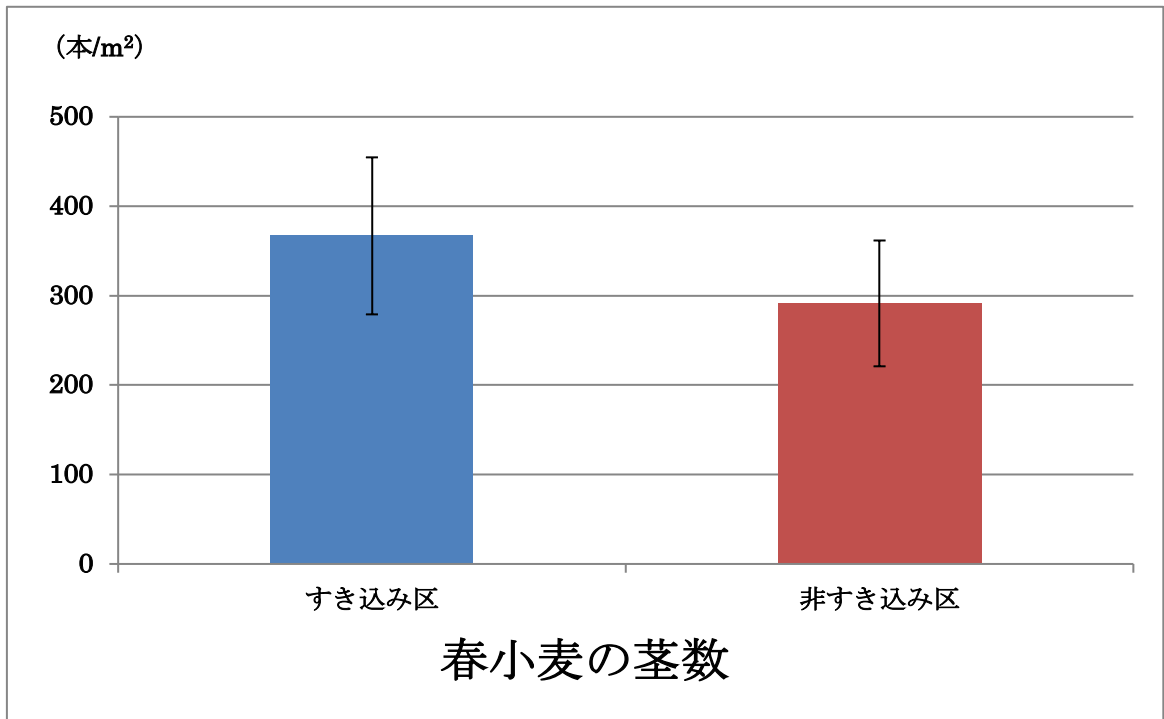


図 14 春小麦の茎数の比較

4-3-6 有効穂数

すき込み区と非すき込み区では 5%水準で有意差があり、有効穂数はすき込み区の方が多かった。(図 15)

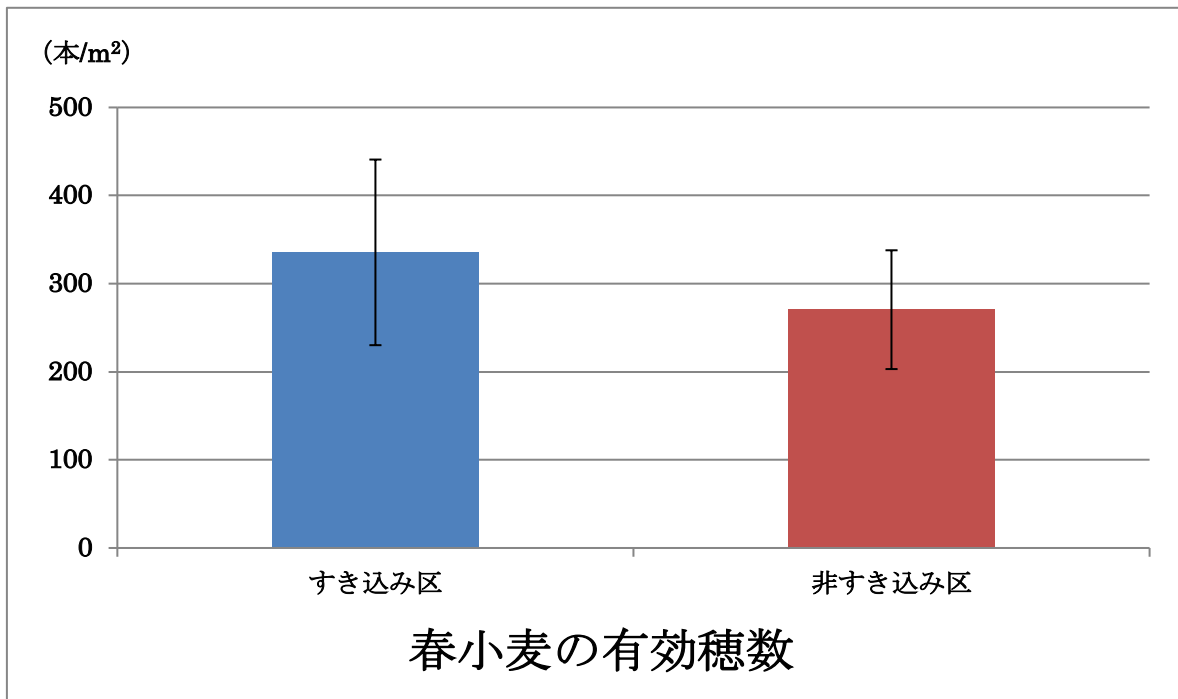


図 15 春小麦の有効穂数の比較

4-3-7 総重

すき込み区と非すき込み区では5%水準で有意差があり、総重はすき込み区の方が大きかった。(図 16)

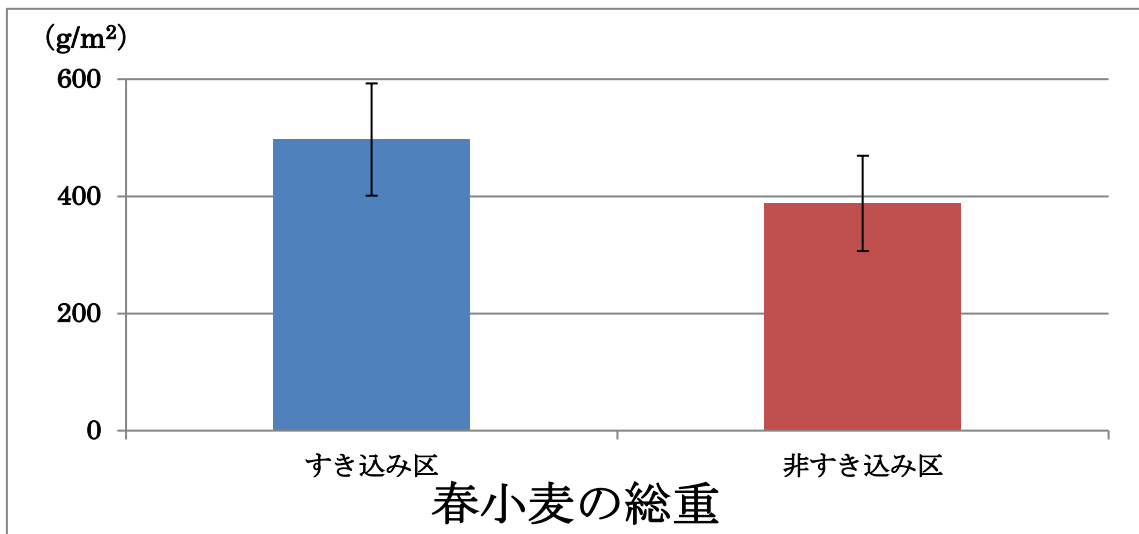


図 16 春小麦の総重の比較

4-3-8 稈重

すき込み区と非すき込み区では 5%水準で有意差があり、稈重はすき込み区の方が大きかった。(図 17)

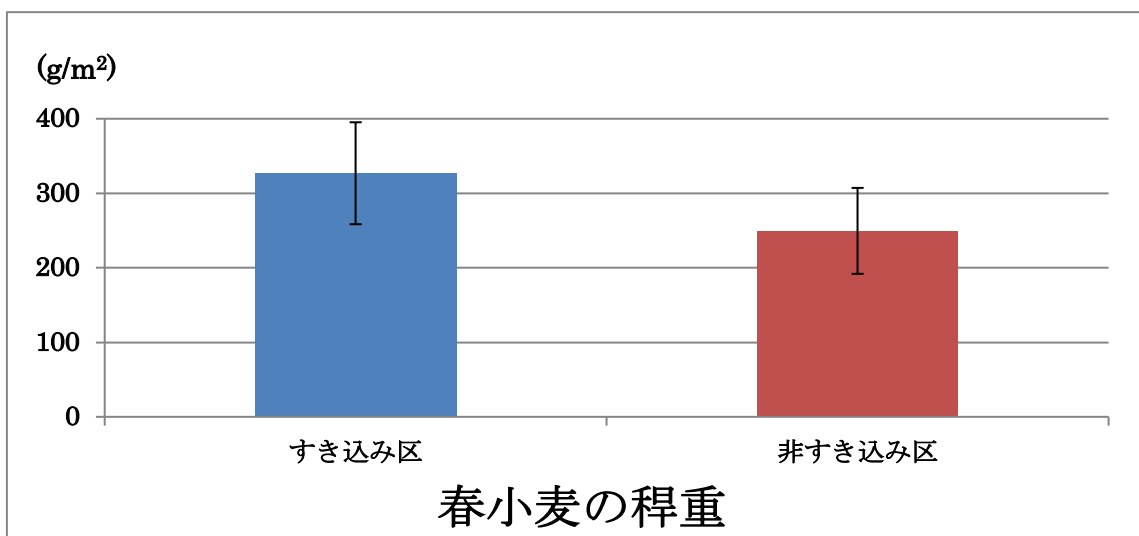


図 17 春小麦の稈重の比較

4-3-9 子実重

すき込み区と非すき込み区では 5%水準で有意差があった。しかし、すき込み区の方は値のバラつきが大きかった。(図 18)

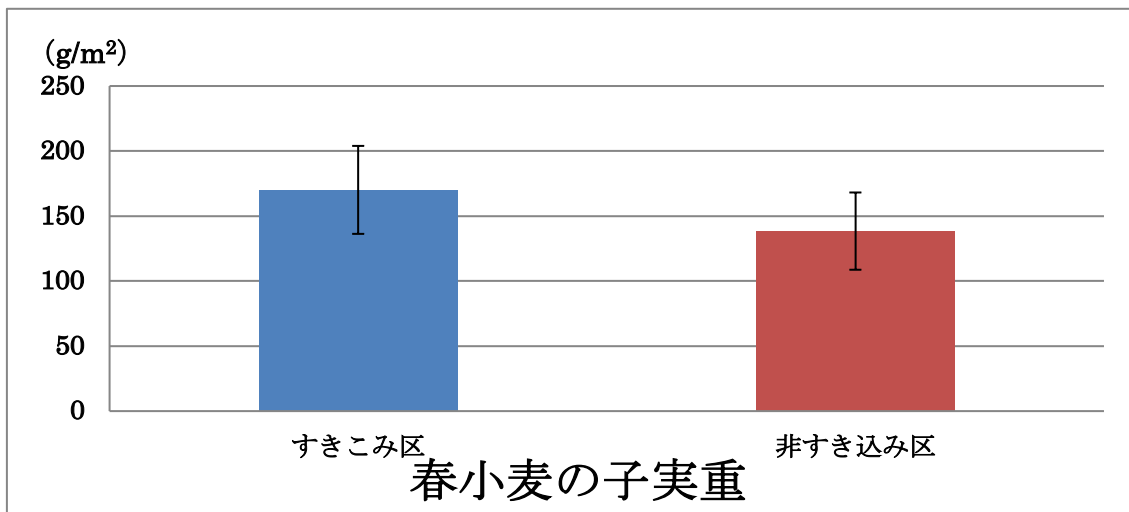


図 18 春小麦の子実重の比較

4-3-10 1000粒重

すき込み区の方が高い値を示したが、有意差はなかった。よって、子実の大きさはすき込み区と非すき込み区では変わらなかった。(図 19)

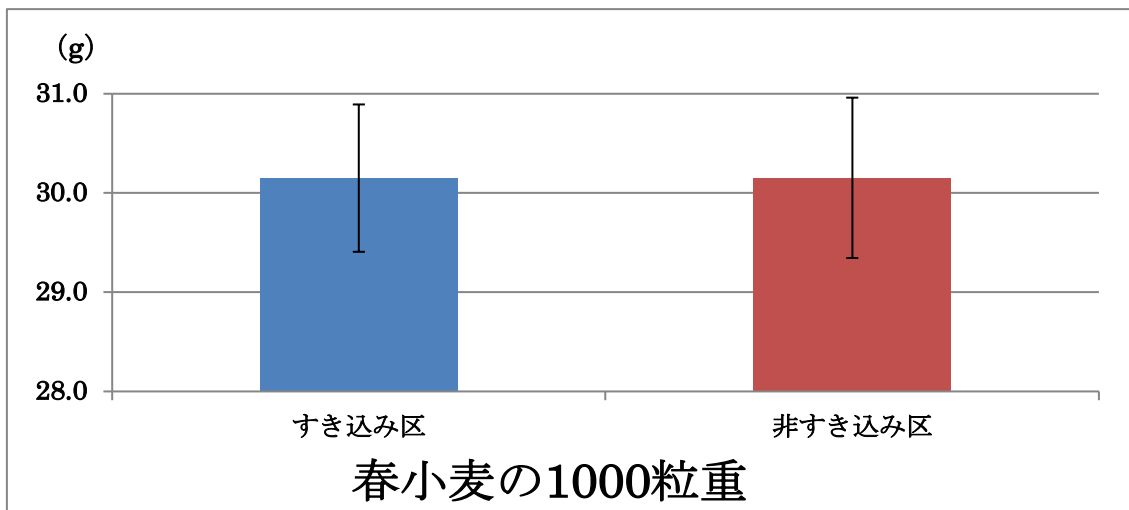


図 19 春小麦の 1000 粒重の比較

4-3-11 1 L 重

非すき込み区の方が高い値を示したが有意差はみられなかった。よって子実は非すき込み区の方が小さい結果だった。(図 20)

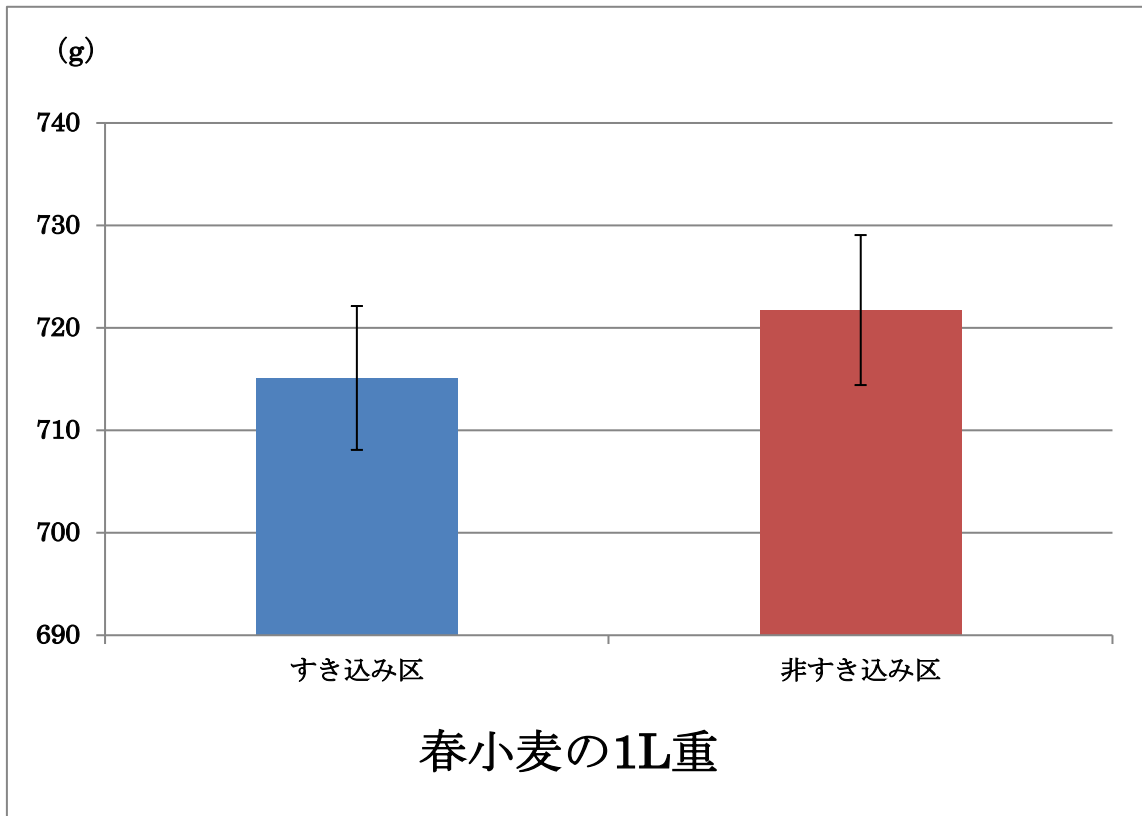


図 20 春小麦の 1 L 重の比較

4-3-12 子実重割合

すき込み区と非すき込み区では有意差があり、子実重歩合は非すき込み区の方が大きかった。穂長と 1000 粒重と 1L 重に有意差がなかったことで、穂の部分の重量は変わらず、総重はすき込み区の方が大きかったためにこのような結果になったと思われる。(図 21)

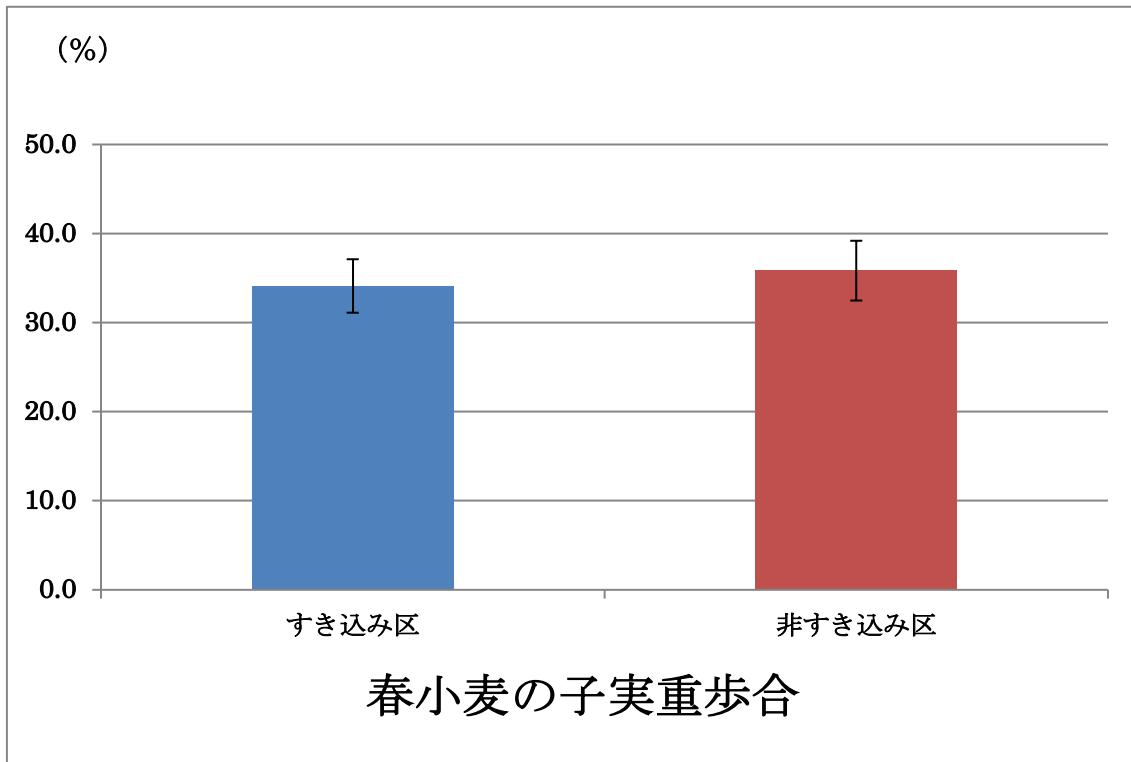


図 21 春小麦の子実重歩合の比較

5-1 インキュベーション実験

アンモニア態窒素はすぐに減少したが、その後再び少し増加していた。これはアンモニア態窒素を分解した微生物が、さらに他の微生物に分解されてアンモニア態窒素が土壤中に放出されたと考えられる。

十勝牧場土壌においてイアコーン残渣の添加量が多い区は無機化が遅れていたが、施肥区の2, 4週目は3区に差がなかった。また無施肥区の2, 4週目は残渣添加量が多いほど硝化は遅れていた。よって施肥区の2, 4週目は肥料由来のアンモニア態窒素が硝酸化成を起こしていると判断できる。また、イアコーン残渣の添加は、特に無施肥区において土壌有機物からの窒素の無機化を抑制する傾向が認められた。

精密 N-C100 区は初期の 10 mg/kg から 2, 4 週目まで全く硝酸塩態窒素は増加しなかった。また精密 N+C100 は 2 週目で急激に約 100 mg/kg まで増加し、4 週目は増加しなかった。よって 2 週目で抽出された硝酸塩態窒素は肥料由来のアンモニア態窒素が硝酸化成したものと考えられる。肥料として与えた窒素は 100 mg/kg なので、肥料として与えたアンモニア態窒素は約 90% 硝酸化成して硝酸態窒素になったことになる。ここから肥料由来の窒素の硝酸化成はイアコーン残渣によってほとんど阻害されないということが推察された。また、各週の全無機態窒素量から 0 週目の値を引くと土壤中で新たに土壌有機物から無機化した窒素の量を求めることができる。この無機化量も最大 100 mg/kg におよび窒素施肥量とほぼ同レベルであったが、無施肥区の方が土壌有機物からの無機化量は大きい傾向を示した。

5-2 ポット試験

残渣施用後播種までの期間が長いほど出芽率が高くなっていく傾向にあった。しかし、残渣無施用区も同様の傾向であり、残渣のすき込みは出芽率に影響は及ぼさなかった。各期間で出芽率に差が出たのは、残渣を施用したのが6月であり、今年度はこの時期に異常高温に見舞われたので、初期の出芽率が低下したものと考えられる。

収量調査での結果はすき込み区と非すき込み区で差は出なかったが、すき込み区の方が生育にバラつきが出た。しかし残渣施用後播種までの期間が8週間、12週間後になると、生育のバラツキが無施用区同様減少してきた。よってイアコーン残渣を施用したのち、ある程度の期間をおけば残渣による作物生育への悪影響は回避できることが推察された。

5-3 春小麦栽培試験

調査項目で草丈、稈長、茎数、有効穂数、総重、稈重、子実重、子実重歩合には有意差があり、すき込み区の方が生育は良好であった。穂長と1000粒重と1L重には両区に有意差は見られなかった。イアコーン残渣は春小麦の生育を促進させたが子実の大きさは両区で差はなく、品質も一般的な水準より悪かった。ただし、本実験における収量水準および品質が例年の水準よりも低かった理由としては、本年度の異常気象が大きく影響している。したがってイアコーン残渣のすき込みは作物体の生育を促進させ収量を増加させるが、品質に関する影響は少ないと推察できた。

第6章 要約

飼料用トウモロコシの雌穂（イアコーン）は飼料価値が高いため、国産濃厚飼料の原料としての普及が企画されている。その際、収穫残渣の緑肥効果が実証できれば、畑作農家による栽培を推進することができる。しかし、完熟まで栽培したトウモロコシの茎葉を土壌にすき込んだ際には、窒素飢餓の発現が懸念される。そのためイアコーン残渣の緑肥効果について主に窒素飢餓の側面から検討した。

実験 1：音更の表層多腐植質黒ボク土および畜大精密圃場の淡色黒ボク土にイアコーン収穫残渣を混合し、硫安施用および無施用条件下、25℃で 20 週にわたり、無機態窒素の変動を追跡した。実験 2：1/5000a ワグネルポットに淡色黒ボク土を充填し、イアコーン収穫残渣を混合し、直後、4 週間、8 週間、12 週間経過後の土壌でコマツナを栽培し生育経過を観察した。実験 3：畜大精密圃場で前年秋にイアコーン収穫残渣をすき込んだ区と非すき込み区で春小麦（春よ恋）を栽培し、生育経過および収量調査を行った。

イアコーン収穫残渣の施用により、土壌有機物からの窒素の無機化は遅れたが、アンモニウム態窒素の硝酸化成はほとんど遅れなかった。ポット試験でのコマツナの生育は、イアコーン収穫残渣施用直後にコマツナを栽培した場合、生育にばらつきがみられたが、2 カ月以降に栽培した場合には、無施用区との差が見られなかった。圃場での春小麦の生育はすき込み区の方が非すき込み区よりも良好であった。

以上の結果から、窒素施肥量の多い作物では窒素飢餓の影響は少ないが、窒素施肥量の少ない作物では窒素飢餓が懸念されること、前年秋のすき込み、もしくはすき込み後 2 カ月の期間をおけば窒素飢餓を回避できることが推察された。

引用文献

佐藤三佳子・五十嵐俊成・櫻井道彦・鈴木和織・柳原哲司・奥村正敏 2009.北海道北部地域における春まき小麦「春よ恋」に対する開花期以降の尿素葉面散布が子実タンパク質含有率と収量に及ぼす効果およびその変動要因. 日作紀,78,9-16.

参考文献

橋爪健 2007.緑肥を使いこなす：上手な選び方・使い方,農文協,東京.

松中照夫 2003.土壌学の基礎,p.196 - 207. 農文協, 東京.

東京大学農学部農芸化学教室 1978.実験農芸化学 上,p305.朝倉書店, 東京.

岡村 廉

飼料用トウモロコシの雌穂（イアコーン）は飼料価値が高いため、国産濃厚飼料の原料としての普及が企画されている。その際、収穫残渣の緑肥効果を実証できれば、畑作農家による栽培を推進することができる。しかし、収穫残渣をすき込んだ際に窒素飢餓の発現が懸念される。そのためイアコーン残渣の緑肥効果について主に窒素飢餓の側面から検討した。

実験 1：音更の表層多腐植質黒ボク土および畜大精密圃場の淡色黒ボク土にイアコーン残渣を混合し、硫安施用および無施用条件下、25℃で 20 週にわたり、無機態窒素の変動を追跡した。実験 2：1/5000a ワグネルポットに淡色黒ボク土を充填し、イアコーン残渣を混合し、直後、1、2、3 カ月経過後の土壌でコマツナを栽培し生育経過を観察した。実験 3：畜大精密圃場で前年秋にイアコーン残渣をすき込んだ区と非すき込み区で春小麦を栽培し、生育経過および収量調査を行った。

イアコーン残渣の施用により、土壌有機物からの窒素の無機化は遅れたが、アンモニウム態窒素の硝化成はほとんど遅れなかった。ポット試験でのコマツナは、イアコーン施用直後に栽培した場合、生育にばらつきがみられたが、2 カ月以降に栽培した場合には、無施用区との差が見られなかった。圃場での春小麦の生育はすき込み区の方が良好であった。

以上の結果から、窒素施肥量の多い作物では窒素飢餓の影響は少ないが、窒素施肥量の少ない作物では窒素飢餓が懸念されること、前年秋のすき込み、もしくはすき込み後 2 カ月の期間をおけば窒素飢餓を回避できることが推察された。