

# 水稲初期生育を改善する革新的土壌管理技術と診断キットの開発

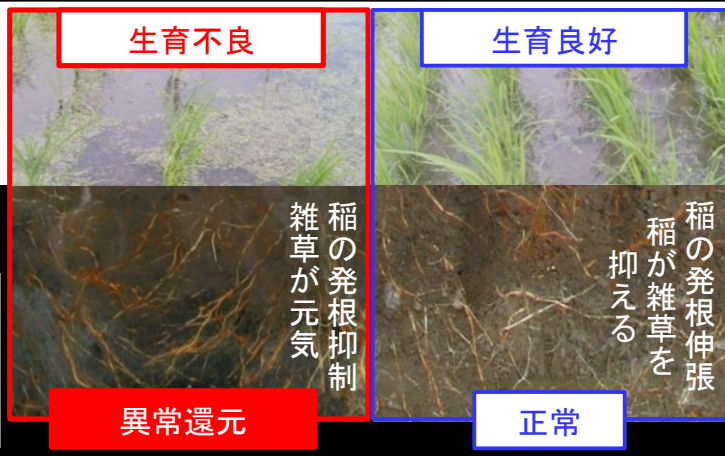
## 研究の背景

有機栽培を始めたけど  
うまくいく事といかない事があるのはなんでだろう…



土の中では…

異常還元は不適切な有機物の利用・処理や環境要因が原因で起き、事前に予測する技術がありませんでした。

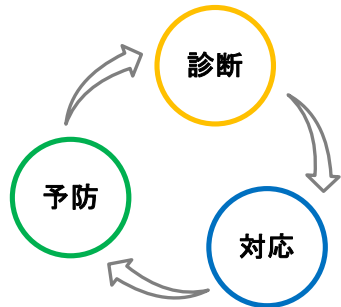


＜異常還元とは＞

水田土壌に施用された有機物は、土壌微生物により分解されて水稲の養分を生成します。その過程で土壌の還元化(酸欠状態)が進行するが、急激な還元すなわち異常還元が起きる場合には発根障害などの初期生育不良が発生します。

## 研究の目的・目標

有機栽培における異常還元を回避する予防・診断・対応技術の開発



製品化  
マニュアル化



有機米の収量性改善  
収量420kg→480kg/10a  
除草労力の軽減



実施する人や面積が増加  
価格が下がり、消費量の拡大



本コンソーシアムは(公財)自然農法国際研究開発センター、新潟県農業総合研究所、アスザック(株)、(大)新潟大学、新潟県農林水産部経営普及課によって構成されています。

また本事業は平成25-27年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業委託事業を利用して行っています。

# 生育阻害を軽減する土壌管理技術の開発(予防)

目標とする稲わら分解に必要な推定方法を確立

**異常還元の原因!**

前作の稲わらや施用有機物の急激な分解

土壌群	稲わら分解の推定式
グライ土(粘土質)	分解率(%) = $3.007 \times \text{温度} - 0.005 \times \text{水分}^2 + 0.571 \times \text{水分} + 0.161 \cdot \text{期日} - 11.0$
灰色低地土	分解率(%) = $2.072 \times \text{温度} - 0.005 \times \text{水分}^2 + 0.643 \times \text{水分} + 0.092 \cdot \text{期日} - 11.1$
多湿黒ボク土	分解率(%) = $1.361 \times \text{温度} - 0.001 \times \text{水分}^2 + 0.142 \times \text{水分} + 0.133 \cdot \text{期日} - 11.0$
グライ土(砂質)	分解率(%) = $1.281 \times \text{温度} - 0.003 \times \text{水分}^2 + 0.498 \times \text{水分} + 0.092 \cdot \text{期日} - 12.1$

そこで、  
稲わら分解推定式を作成!  
(室内実験 自農セ)

土壌群	年次	非栽培期間の 稲わら埋土期間	平均地温 °C	土壌水分 %(WHC)	稲わら分解率(%)	
					推定値	実測値
グライ土(粘土質)	H.12	227日	6.0	105	49	47-58
グライ土(粘土質)	H.13	227日	7.8	105	54	41-42
灰色低地土	H.12	227日	6.2	80	44	36-48
灰色低地土(飽水)	H.13	178日	6.4	104	33	31
灰色低地土(排水)	H.13	178日	4.5	86	34	49

推定式から得られた稲わら分解率と、圃場の実測値の整合性を確認!

(留意点)稲わらの分解は肥沃度の低い土壌や黒ボク土では遅いこと、粒形組成の影響を受けていることが知られており、特に粘土含量の少ない土壌では推定精度が低いので留意を要する。

目標値である、移植時の稲わら分解率50%に要する期間を推定可能



異常還元を予防する土壌管理技術を開発



20%分解

土壌水分(WHC) 114%  
積算温度1800°C



50%分解

土壌水分(WHC) 73%  
積算温度1600°C



水稲生育不良・雑草害

春すき込み  
排水不良田



水稲生育良好

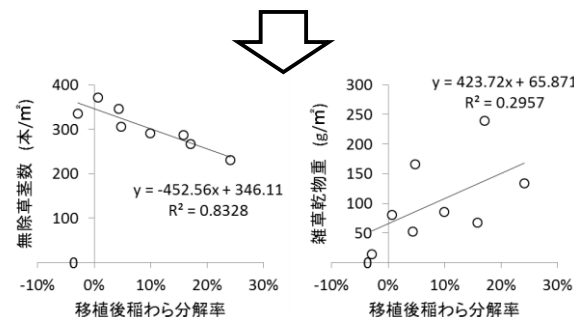
秋すき込み  
排水良好田

予防技術 (秋耕+排水)	調査 数 (信越)	収量構成要素				
		穂数 本/m <sup>2</sup>	一穂粒数 粒/穂	登熟歩合 %	千粒重 g	収量 Kg/10a
予防	22	347	81	80.8	22.1	533
非予防	32	299	87	80.0	22.2	457

異常還元を予防する土壌管理は、

- 秋耕と排水管理で稲わら分解を促進(自農セ)
  - 米ぬかの施肥は秋耕時を推奨(新潟県農業総合研究所)
- これにより初期生育阻害を回避

秋すき込みと排水管理によって  
稲わらの腐熟を促進  
→ 田植え後の急激な分解を回避



初期生育阻害を回避、雑草害低減

穂数確保により収量改善!

有機物管理の成否を  
診断キットで確認



# 土壌診断キットの概要と成果

## 土壌診断キット概要



## 測定の様子



荒代後の水田土壌を30℃で1週間培養することで、田植え後の田圃の状態を先取りして再現します。この培養土壌中の酸化還元電位 (Eh) の低下速度や培養上澄み液の窒素濃度などを測定して水稲の初期生育の良否を予測します。

## 利用方法

培養日数	初日	3日目	7日目	さらに田植え後に...
作業	荒代後に採取した土を泥状にする ↓ 土をビンに入れる ↓ ①土壌Eh測定 ↓ 培養開始	②ガスわき量測定 ↓ ③土壌Eh測定 ↓ 培養継続	④ガスわき量測定 ↓ ⑤窒素濃度測定 ↓ 培養終了 ↓ 診断・判定・対策	(ガスわき量の多かった場所で) ⑥銀板(特願2015-218346)を挿入 ↓ 変色具合を観察・対策



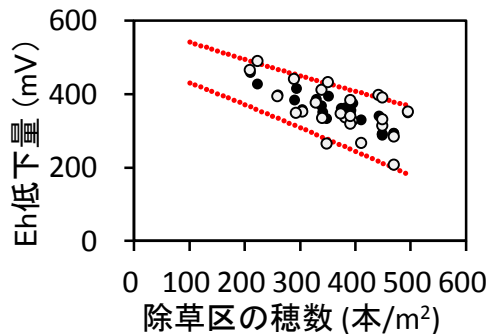
「現代農業」  
2015年10月号  
にも紹介されました！

## 異常還元の予測方法

代かき土壌で還元の進行を再現  
田植え前診断を可能にしました！

還元程度の指標としてEh（酸化還元電位）を利用。温度（30℃）や期間（3日）などの測定条件を確定！

Eh低下量（初値と終値の差）  
が大きいと、水稲茎数が減少  
（自農セ）



⇒ 目標茎数に達するための  
Eh低下量とEh初期値の条  
件を明確化（自農セ）

全国13道県※57地点で診断適合の判定

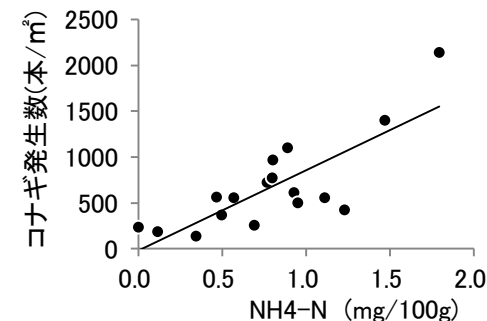
Eh低下量  
のみの適  
合度 55点

Eh初期値と低  
下量をあわせ  
た適合度 65点

※北海道・宮城・長野・新潟・福井・千葉・静岡・  
愛知・滋賀・鳥取・愛媛・高知・熊本

さらに  
窒素養分を測定  
（7日後）（自農セ）

**診断精度  
UP!**

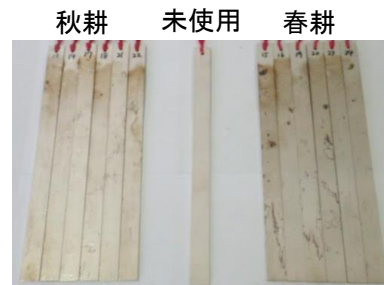


冬期湛水田など、適合しない  
条件ではガス湧き量で判定！



ガス湧きによる害の予測は培養時の水の  
上昇量で一目瞭然（新潟県農業総合研究所）

水稲根腐れの原因が硫化水素であるかを  
「硫化水素検出装置」で判別



特願2015-218346  
（新潟県、自農センター）



## 異常還元の診断と対応一覧

初期値と低下量を組み合わせ、異常還元の危険性を把握

初期値(S)	$S > 330$			$330 \geq S \geq 225$		$225 > S$	
低下量(E)	$320 > E$	$460 > E \geq 320$	$E \geq 460$	$390 > E$	$E \geq 390$	$460 > E$	$E \geq 460$
異常還元の危険性	安全	用心	注意	用心	注意	注意	警戒

異常還元の危険性と窒素で総合判定

		異常還元の危険性				
		安全	用心	注意	警戒	
窒素濃度	多い	1.5ppm以上	1. 生育良好	2. 生育良好・雑草注意	2. 生育良好・雑草注意	3. 生育遅延・雑草害
	普通	1.0-1.5ppm	2. 生育良好・雑草注意	2. 生育良好・雑草注意	3. 生育遅延・雑草注意	4. 生育不良・雑草害
	少ない	1.0ppm未満	3. 生育遅延・雑草注意	3. 生育遅延・雑草注意	4. 生育遅延・雑草害	5. 生育不良・雑草害

## 総合判定による診断と対応技術

異常還元の危険性レベル	診断	対応(暫定)
1 生育良好	問題ありません。移植苗の活着や初期生育は良好と予測されます。ただし、低地力水田や施肥を制限した栽培条件では、養分不足による初中期の生育不良に注意が必要です。	現状の栽培プランで大丈夫です。追肥を計画している場合は、生育量に留意し、実施して下さい。
2 生育良好・雑草注意	異常還元による害は出ませんが、雑草が繁茂しやすい状態です。	移植時の疎植回避と適期除草をして下さい。
3 生育遅延・雑草注意	異常還元による害は出ませんが、水稲の生育が遅れやすく、雑草が繁茂しやすい状態で注意が必要です。また、施肥を制限した栽培条件では、養分不足による初中期の生育の遅れに注意して下さい。	早期追肥が有効です。状況に応じ、植え付け株数度を増やす対応を組み合わせして下さい。
4 生育遅延・雑草害	雑草が生えやすく、相当の除草が必要です。また、除草しても水稲の生育が遅れ、雑草が再生しやすい状態です。	移植時期の後ずらし、栽植密度を増やす対応が効果的です。
5 生育不良・雑草害	異常還元が起こりやすく、水稲生育が不良となり雑草が生えやすい状態です。この状態のまま田植えをしても、雑草の生育は早く、除草を徹底しても水稲の生育が回復しにくいいため、雑草害で減収します。	移植時期の後ずらし、栽植密度を増やす対応を行います。多量のガス湧きを観察した場合は一時落水を実施し、除草を徹底して行って下さい。

# 診断結果を基にした初期生育促進技術の開発(対応)

## 移植方法の工夫による初期生育量の確保

疎植だと...

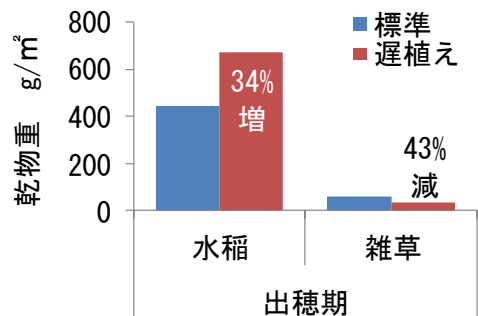


雑草に負け茎数不足



稲が草を抑え  
茎数確保

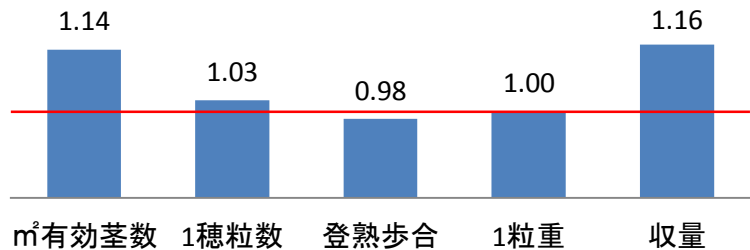
十日町市霜条 左:坪45株 右:坪90株  
(新潟県農業総合研究所)



異常還元の危険性が高い場合は移植の後ずらしと植え付け株数を増やすのが効果的

十日町市仙田 遅植の効果 (自農セ)

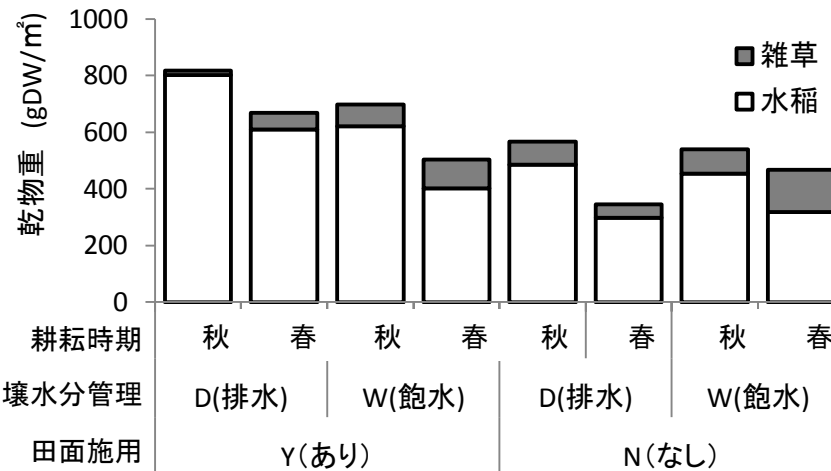
## 早期追肥による初期生育量の確保



松本市波田 有機水田3筆(自農セ)

処理により有効茎数が増加して収量が高まる

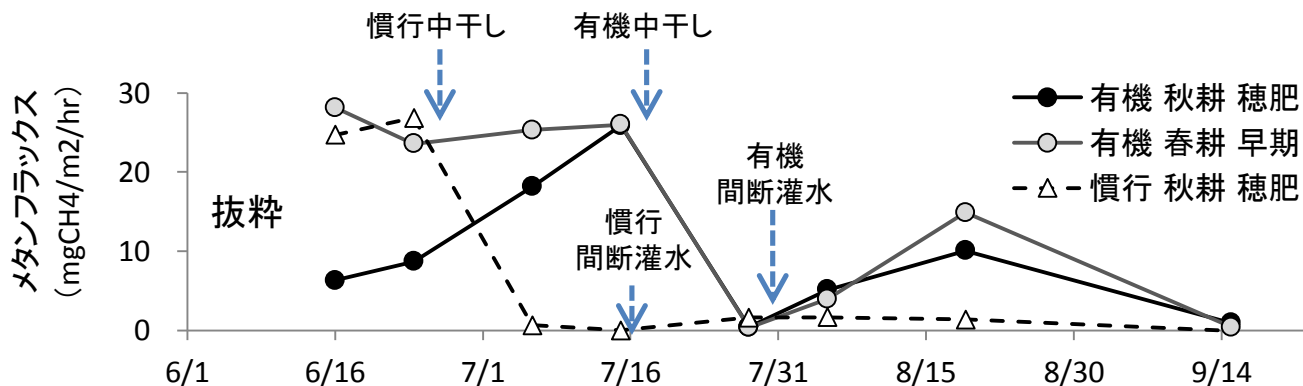
(留意点) 基肥を春施用する場合は中断し、移植後散布に変更する。施用量は過剰生育とならないよう加減すること。



処理効果を高めるには秋耕を励行し排水に努める。異常還元の危険性レベルが2から3で効果大。異常還元の危険性レベルが4から5では摘要しない。



## 生育促進技術とメタン発生およびメタン菌動態の関係解明



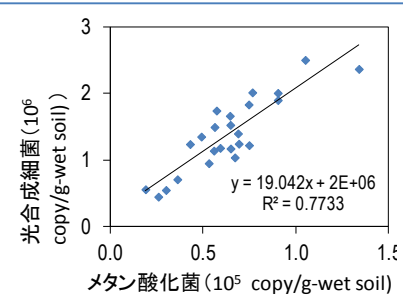
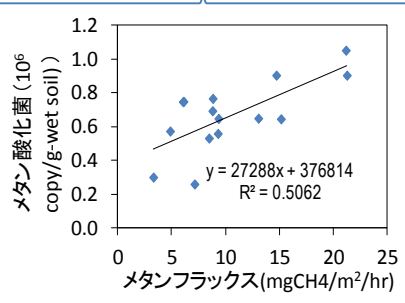
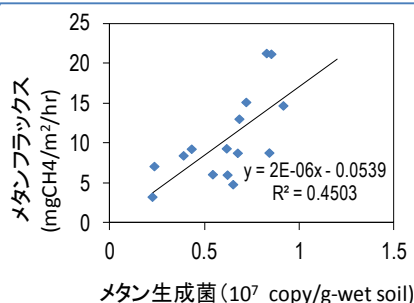
メタン放出量は、  
有機 > 慣行 (2014、2015)  
春耕 > 秋耕 (2014)  
早期 > 穂肥 (2014、2015)  
の関係で、秋耕 × 穂肥  
は、メタン放出量を低減。  
(自農セ・新潟農総研)

早期追肥のような生育  
促進技術は、秋耕と組  
み合わせる。

相関関係寄与率 (R<sup>2</sup>)

	6/4	6/16	6/24	7/6	7/15	7/28	8/5	8/19	9/15
メタン生成菌 × メタンフラックス	—	0.450	0.001	0.011	0.038	0.002	0.016	0.080	0.000
メタンフラックス × メタン酸化菌	—	0.506	0.002	0.105	0.003	0.018	0.023	0.176	0.029
メタン生成菌 × メタン酸化菌	0.042	0.838	0.782	0.128	0.477	0.082	0.504	0.350	0.247
メタン生成菌 × 光合成細菌	0.004	0.795	0.526	0.106	0.666	0.704	0.455	0.080	0.404
メタン酸化菌 × 光合成細菌	0.710	0.773	0.670	0.578	0.679	0.218	0.641	0.497	0.126

・メタン生成菌・メタン酸化菌・光合成細菌のPCR定量法を確率  
・水稲生長前期(6月)にメタン生成菌、メタン放出量、メタン酸化菌と光合成細菌間に正の相関関係  
・メタン酸化菌と光合成細菌間には全生育期において比較的に高い相関



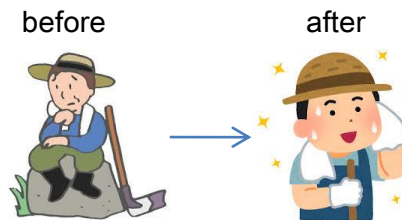




診断結果を基にした各種技術の検証

異常還元の危険性レベル :総合判定(Eh+窒素)	信越(n=20)		
	判定数	穂数 本/m <sup>2</sup>	収量 kg/10a
1:生育良好	0	—	—
2:生育良好・雑草注意	10	357	508
3:生育遅延・雑草注意	3	328	496
4:生育遅延・雑草害	6	258	458
5:生育不良・雑草害	1	208	481
平均	—	316	490

(留意点) 対応技術はあらかじめ苗を多めに準備、早期追肥用の資材確保など事前の準備が必要となる。なお、研究対象が信越地域に限られるため、他地域の土壌を診断する場合には基準が適合しない可能性のあることに留意する。



雑草害と初期生育阻害を予測した異常還元の診断は概ね的確!

異常還元の危険性レベルと 対応技術	雑草重量 (gDW/m <sup>2</sup> )			収量 (kg/10a)		
	標準	対応	標準比	標準	対応	標準比
1:特に必要なし	—	—	—	—	—	—
2:疎植回避 (60-70株/坪)	260	191	0.74	457	485	1.06
3:早期追肥 (窒素2-3kg)	169	48	0.28	474	514	1.08
4:植付株数増 (70-80株/坪)	230	148	0.64	448	528	1.18
5:植付株数増・早期中干し	—	—	—	—	—	—
平均	222	134	0.60	457	514	1.12



異常還元の診断と、適切な対応技術の適用により不良環境条件下でも15%以上増収!



異常還元の危険性大



適切な対応策実施



勘に頼らず、適切な対応が可能!

# 水稲初期生育改善マニュアルの作成

これら成果をまとめ・・・

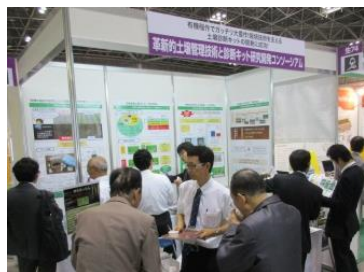
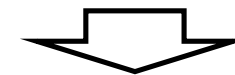
田植え前に異常還元を予測する  
土壌診断キットの使い方

診断結果への  
対応技術

異常還元を  
予防する技術



マニュアルを改訂中  
(3月下旬公開予定)



「アグリビジネス創出フェア2015」や、雑誌「現代農業2015年10月号」(農文協)、各地有機農業講習会(22会場)で公表

診断キット(予防・対応マニュアル付)をパッケージ化 展示会や講習会などで普及し実用化へ



国民生活への貢献

- 環境にやさしい農業の推進
- 有機米等の流通量増加やコスト低下による購入機会の増大

# 土づくりが不十分な場合は、栽植密度を増やしボカシを田面施用すると効果的

土づくり（耕耘時期）と栽培方法（栽植密度，ボカシ施用時期）の組み合わせは、水稲と雑草生育に影響します。雑草害を低減し収量を高めるには、秋耕を行うなど土づくりが重要で、ボカシは田植え後が効果的です。春耕など土づくりが進んでいない場合は、栽植密度を増やし、ボカシを施用すると雑草害が低減されます。

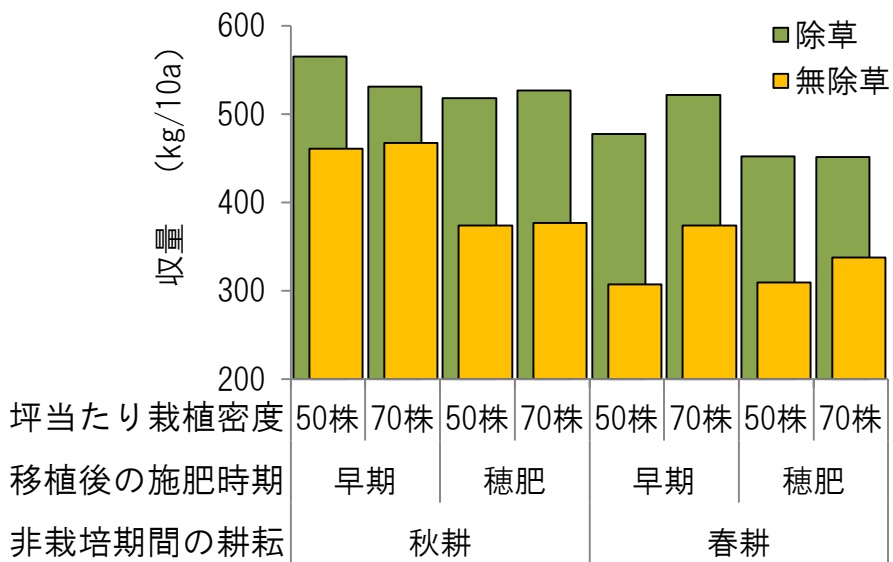


図 栽培方法と水稲収量

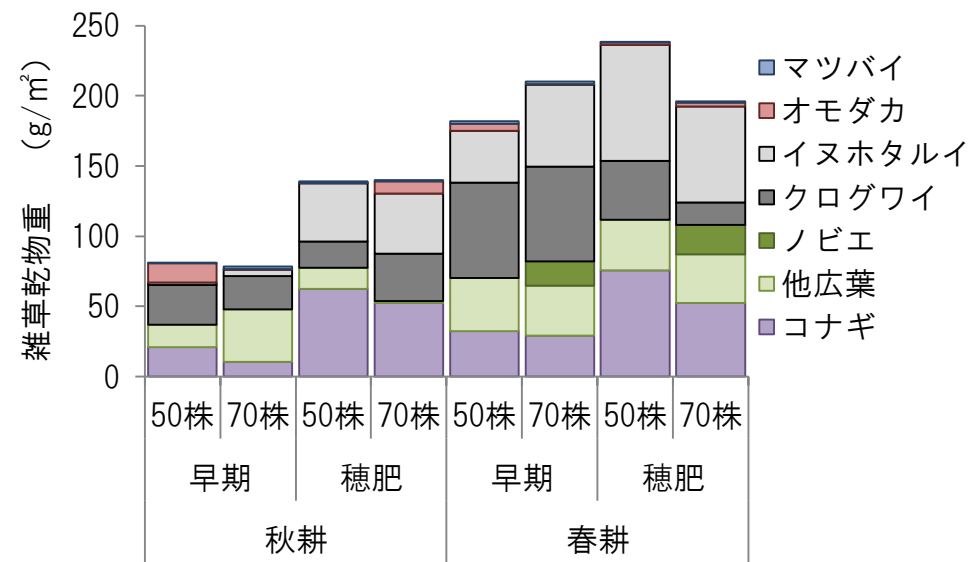


図 無除草部分の雑草発生量

クログワイは、秋耕、  
コナギは、田植え後の施用と密植、  
イヌホタルイは、秋耕と田植え後の施用が効果的。

**【成果の利用・留意点】** 長野県松本市の乾田での試験結果であり、利用にあたっては圃場の条件等に留意すること。

**【関連資料・文献】** 2015年度試験成績書

# 「紫御前」に比べ高温期の果皮退色が少ない「自農E-5」を育成中

高温期の果皮色の退色が少なく、強勢で着果性に優れた露地栽培向きナス交配種「自農E-5」を育成しています。

## 成果の概要

- ① 「紫御前」よりも強勢で、枝伸びが良い
- ② 果皮色の退色は「紫御前」に比べ少ない
- ③ 果形は長卵形で揃いが良い



① 草姿

## ② 収量及び傷害果の結果

品種 系統名	平均 果販果重(g)	可販果収量(/株)				B品果種別割合(果/株)	
		果数(個)	標準対比	重さ(kg)	標準対比	退色果	傷果ほか
自農E-5	91.3	14.1	97	1.17	136	2.3	9.2
紫御前	65.5	14.5	100	0.86	100	8.8	9.1

注1)「自農E-5」(対照品種)「紫御前」

注2)播種4/11 定植5/28(葉齢6枚程度) 仕立て方:無整枝 無施肥及び草生栽培(オーチャードグラス主体) 畝幅1m 株間50cm

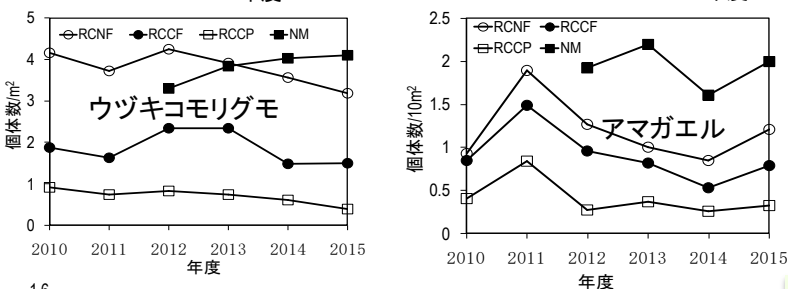
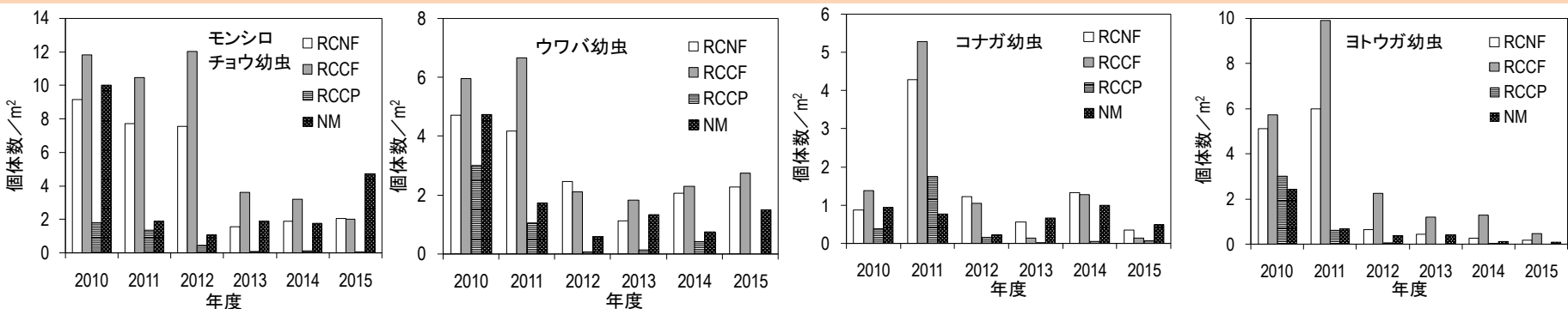
注3)組合せ系統の収量及び特性(外観や果実等)を調査した。収穫期間は7/20~9/10(53日間)。



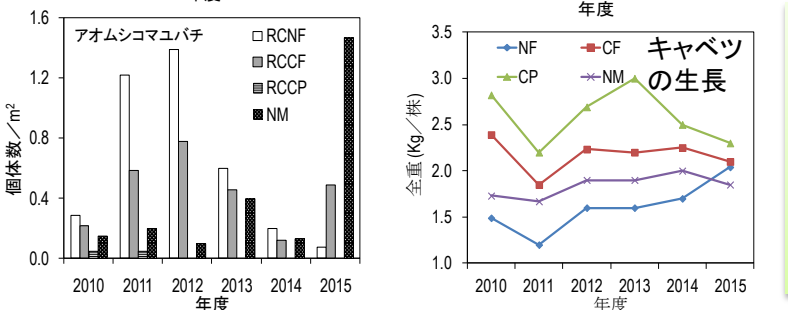
③ 果形

# 異なる栽培条件における害虫と天敵の発生およびキャベツの生長

有機栽培においてイネ科作物の裏作や緑肥作物の栽培によって粗大有機物を生産し地表面に施用することにより、①土着天敵が増加し、②アオムシやヨトウムシなどの害虫が減少し、③キャベツ生長量が初期で慣行に比べやや低下するものの、数年後には向上すること可能性があると明らかとなった。



NF(育土)、CF(化学肥料)、CP(化肥農薬)の3処理およびNM(自然農法モデル)区を設け、大形幼虫と土着天敵を目視で調査した。5時点(8月10日、20日、9月1日、10日、20日)の平均密度の年間動態を示した。



農地で活用するには、その前に農地周辺の土着天敵の生息状況を調査する必要がある。

# 緑肥間作で固定した窒素量の測定

一般に緑肥間作は作物との競合が懸念されるので、栽培圃場ではあまりみられない様式です。

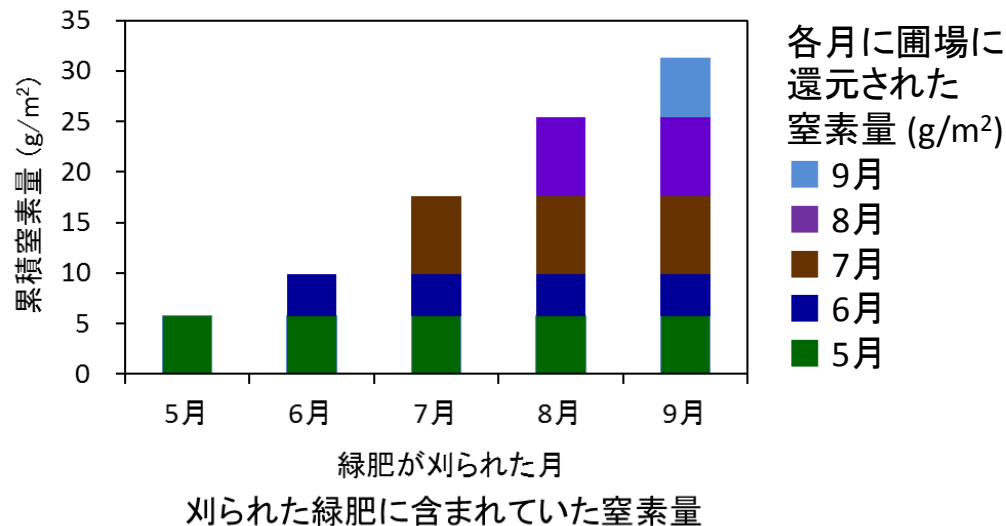


本センターの育種圃場は緑肥間作(白クローバ、赤クローバ、オーチャードグラス、作付け面積比率は、作物:緑肥=1:1)を取り入れて育土を行っており、少肥栽培環境下でも生育できる品種を育成しています。

育種圃場では緑肥が草丈30cm程度になると随時刈り取って敷き草にします。圃場に還元する敷き草の窒素量を調べたところ、下の図表のようになりました。

刈られた緑肥の重さと全炭素、全窒素

	生重 g/m <sup>2</sup>	乾重 g/m <sup>2</sup>	含水率 %	全炭素 %	全窒素 %
5月	1009	199	80.3	45.3	2.89
6月	608	163	72.6	45.9	2.54
7月	1354	238	82.3	47.2	3.24
8月	1008	286	71.2	47.3	2.74
9月	870	190	78.1	46.3	3.08



緑肥の地上部(1m<sup>2</sup>)に約30gの窒素が含まれており、これを圃場全体でならずと15kg/10aの窒素を持った緑肥が還元されていることとなり、少肥栽培でも緑肥間作を取り入れすことで、かなりの窒素を循環させることができる可能性が示されました。

# 少肥条件で栽培可能な小カブを育成中

金町系小カブの系統で食味がよい固定種と根形の揃いが良い交配種とを交雑させた「SMK」系統から食味が良く、根部の揃いが良い小カブ(固定種)を育成しています。

## 成果の概要

- ① 草姿は半立性で根部は腰高から球形で根の肥大が良い。
- ② 対照品種の「スワン」に比べ食害及び裂根が少ない傾向。



少肥栽培条件での播種後46日のカブ

表1 不良個体数(個)

	市販交配種			市販固定種			SMK		
	播種後日数	播種後日数	播種後日数	播種後日数	播種後日数	播種後日数	播種後日数	播種後日数	
	46	51	56	46	51	56	46	51	56
病気	0	0	2	0	0	1	0	0	0
食害	4	7	2	2	0	0	0	0	2
裂根	0	1	4	0	0	1	0	1	0
奇形	0	1	0	0	1	0	0	0	0
異株	0	0	0	0	3	0	0	0	0

調査株数:各品種20株

