

「耕さない農法」で土を健康に!!!

金子信博

2023年9月15日

オーガニックライフスタイルEXPO2023

One Healthと土壌

One Health



人と動物の健康と環境の健全性は一つ

人の健康

家畜の健康

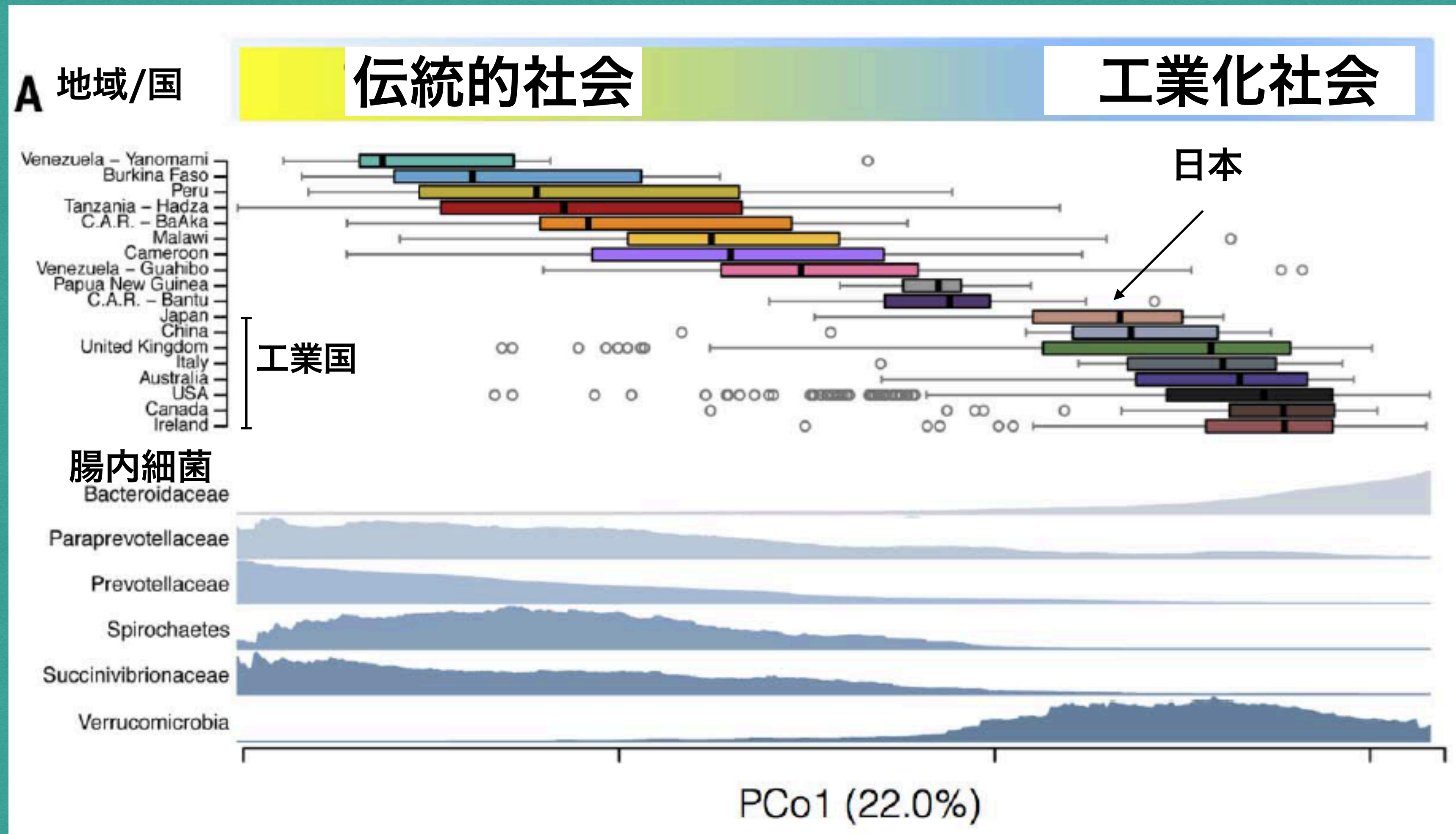
生態系の健全性

食

土壌

食と健康

ヒトの腸内細菌の類似度

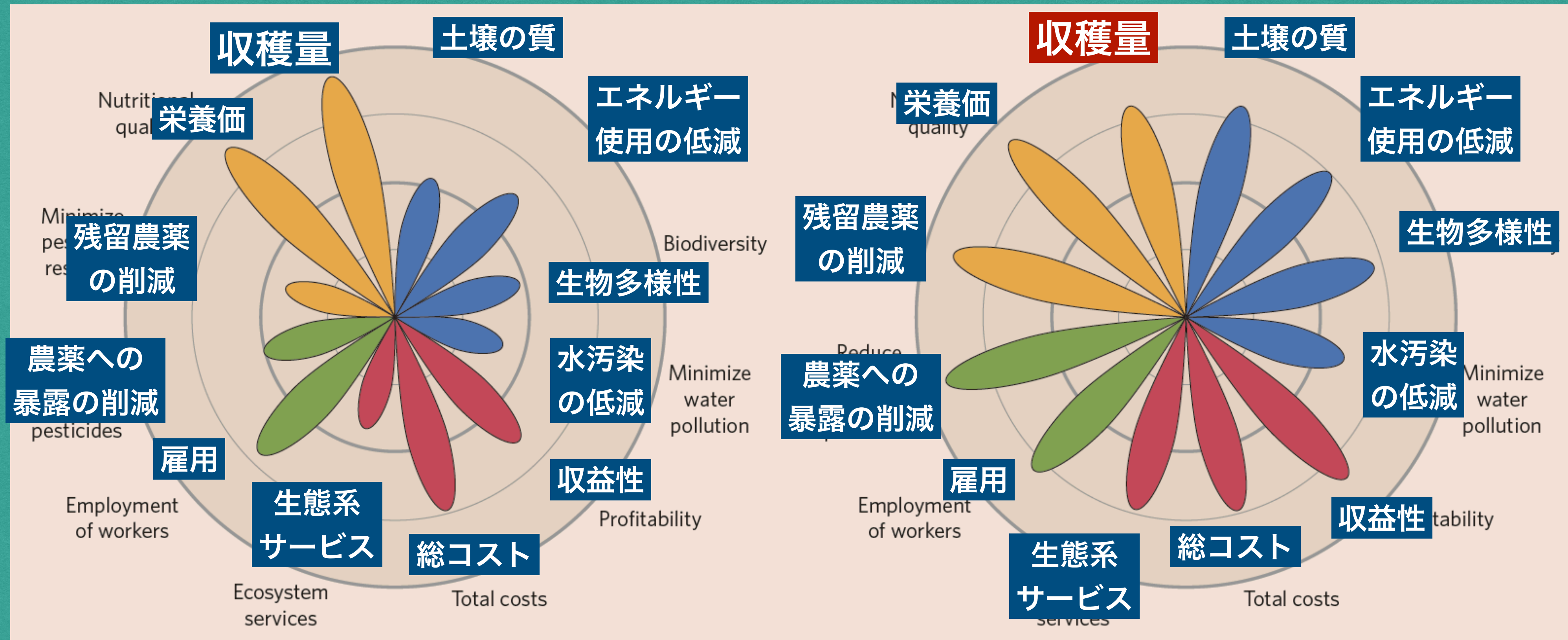


食物を自給自足している伝統的社会の人々と工業国の人々の腸内細菌叢は大きく異なっている

慣行栽培と有機栽培の比較

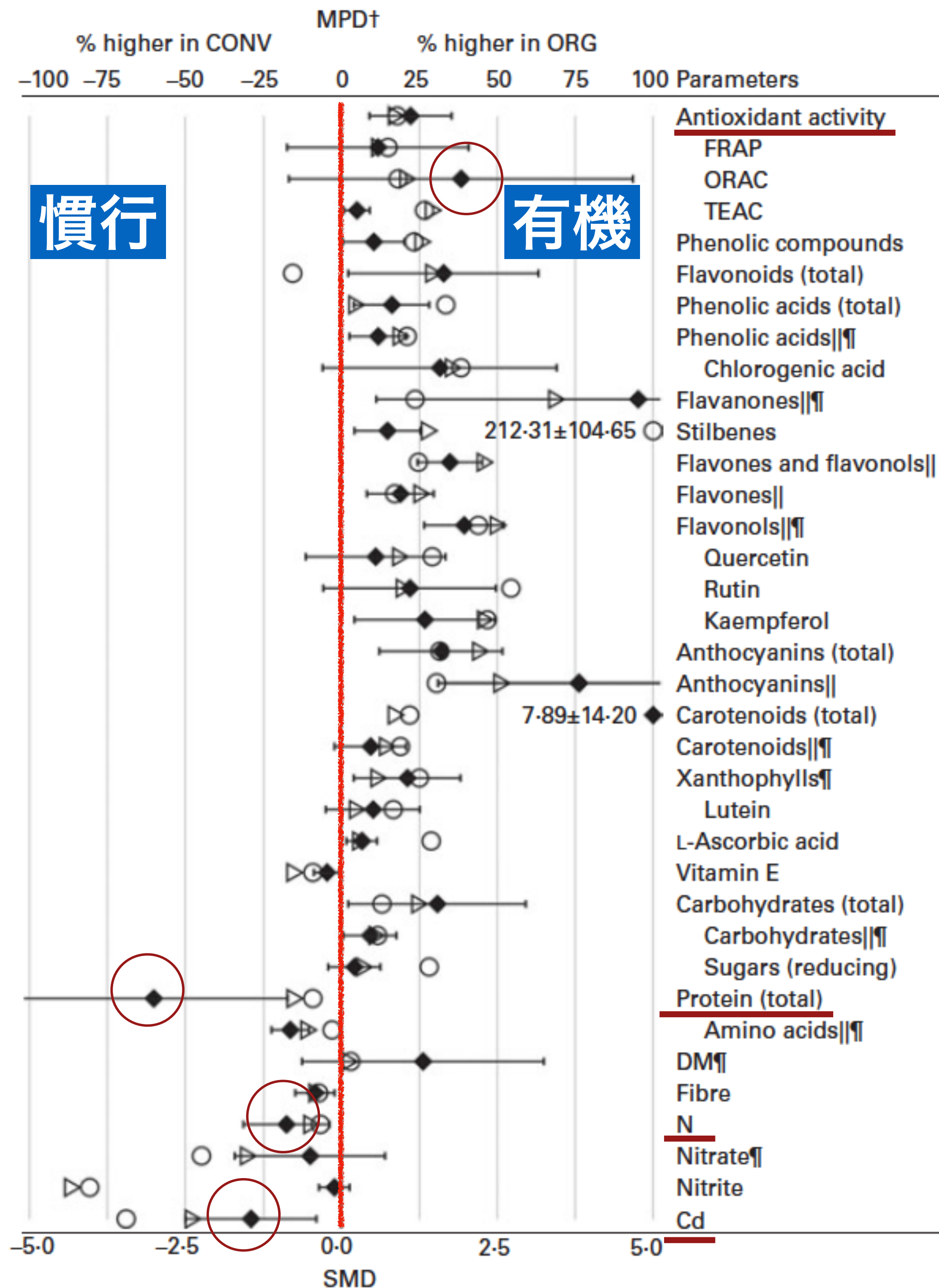
慣行栽培

有機栽培



収穫量以外は有機栽培のほうがよい

慣行と有機の食品比較



- 有機食品は抗酸化物質を多く含む
- 窒素、タンパク質、カドミウムは慣行食品の方が多かった

フランスの大規模食生活調査

<https://bionutrinet.fr/>



Etude BioNutriNet

Volet spécifique concernant la consommation des aliments issus de l'agriculture biologique

Key Findings of the French BioNutriNet Project on Organic Food-Based Diets: Description, Determinants, and Relationships to Health and the Environment Kesse-Guyot et al. 2022 *Advances in Nutrition*

2014年にインターネットで食生活を調査

- ・3500人が参加
- ・食生活と残留農薬のデータなどを解析

- 有機農産物を食べる人のほうが食費の出費が多いが、より健康
- 農薬などの毒性物質への暴露が低いため肥満、2型糖尿病、乳がん、リンパ腫の発症リスクが低い
- 環境負荷を減らし、健康によい効果があるが、植物主体の食生活に変更しつつ有機農産物を摂る必要がある

有機食品の摂取と発癌リスク

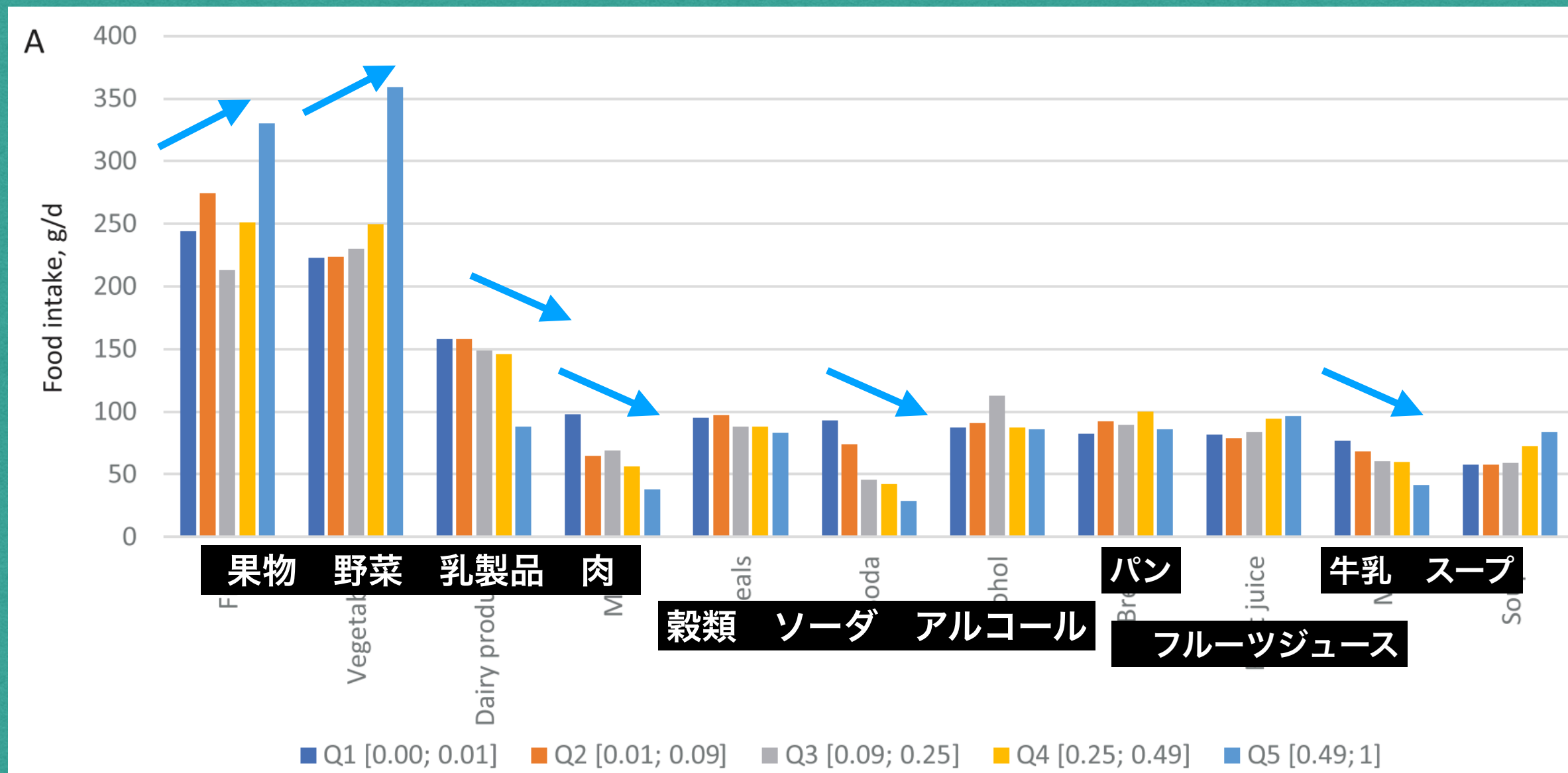
— 全がん
— 乳がん
— リンパ腫

有機食品摂取の割合で分類

Q1	Q2	Q3	Q4
1%未満	1~10% 未満	10~25% 未満	25~50% 未満



食品摂取の傾向



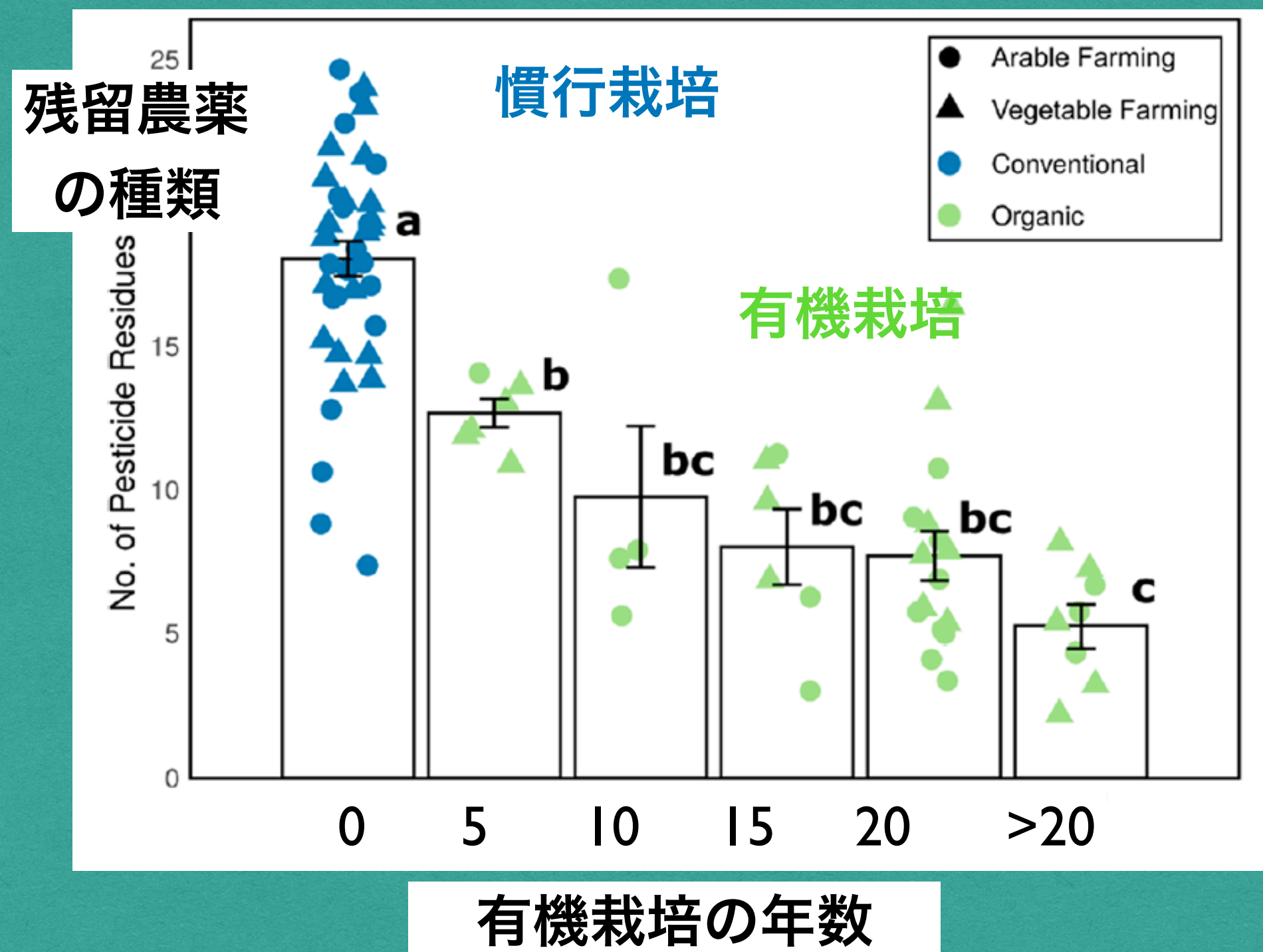
Kesse-Guyot et al. 2022

Baudry et al. 2018

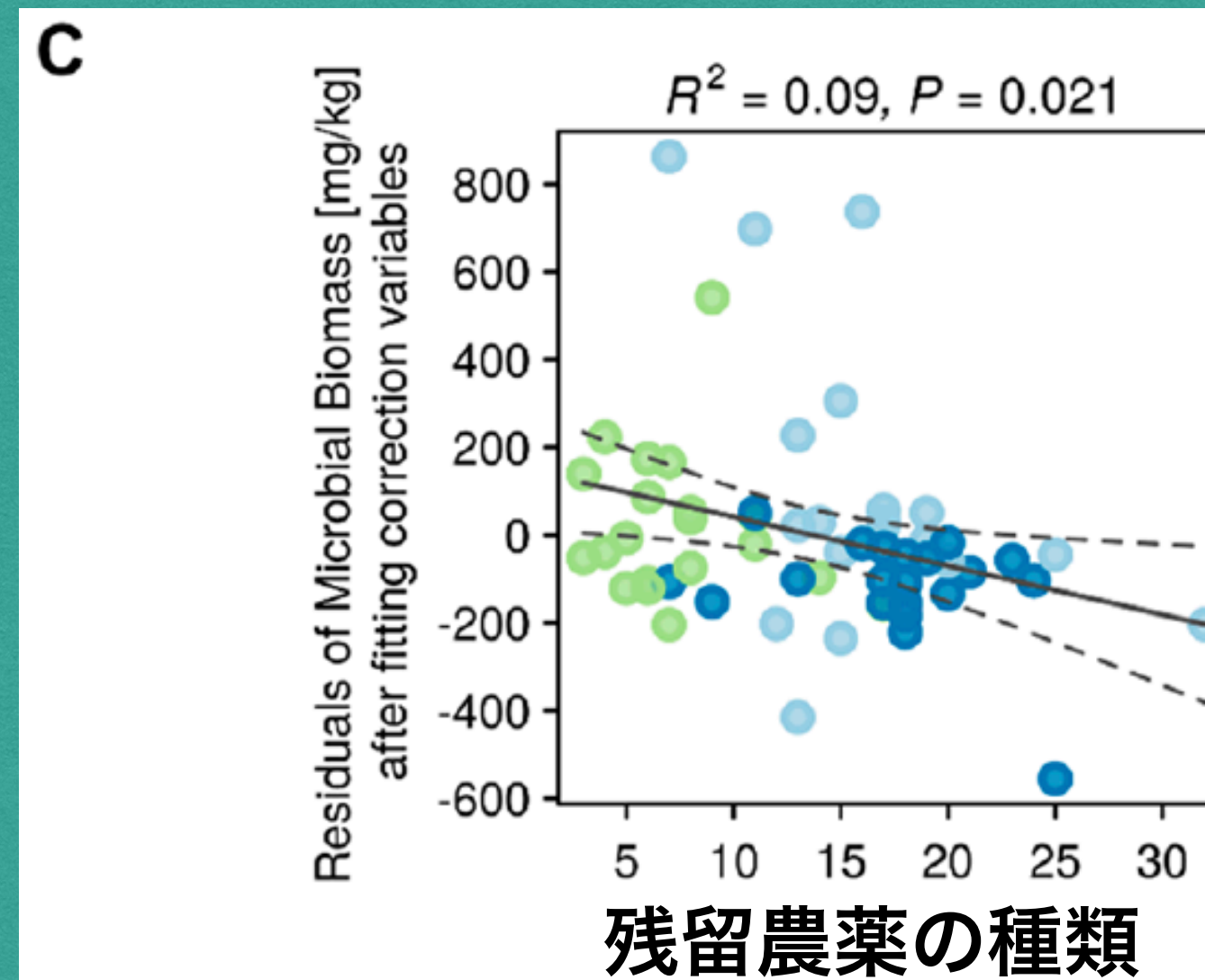
Table 4. Multivariable Associations Between a Simplified Organic Food Score (Modeled as a Continuous Variable and as Quartiles) and Overall Cancer Risk and Cancer Risk by Site, Sensitivity Analyses, NutriNet-Santé Cohort, France, 2009 to 2016^a

Variable	HR (95% CI)				P Value for Trend ^b	HR (95% CI) for a 5-Point Increase	P Value
	Q1	Q2	Q3	Q4			
Overall cancer	1 [Reference]	0.94 (0.81-1.09)	0.95 (0.83-1.09)	0.75 (0.63-0.89)	.005	0.92 (0.88-0.96)	<.001
Breast cancer	1 [Reference]	1.06 (0.81-1.39)	1.01 (0.79-1.30)	0.88 (0.66-1.16)	.38	0.95 (0.88-1.01)	.11
Premenopausal breast cancer	1 [Reference]	1.10 (0.75-1.60)	1.14 (0.80-1.61)	1.01 (0.67-1.52)	.85	0.99 (0.99-1.09)	.86
Postmenopausal breast cancer	1 [Reference]	1.03 (0.73-1.45)	0.89 (0.60-1.33)	0.79 (0.53-1.18)	.18	0.91 (0.83-1.01)	.07
Prostate cancer	1 [Reference]	1.14 (0.77-1.68)	1.34 (0.92-1.95)	1.03 (0.61-1.73)	.39	1.02 (0.91-1.15)	.68
Skin cancer	1 [Reference]	0.85 (0.54-1.35)	0.53 (0.33-0.86)	0.79 (0.49-1.28)	.11	0.89 (0.78-1.01)	.06
Non-Hodgkin lymphoma	1 [Reference]	0.80 (0.35-1.81)	1.21 (0.61-2.43)	0.27 (0.07-0.96)	.23	0.75 (0.60-0.93)	.009
All lymphomas	1 [Reference]	0.56 (0.27-1.17)	0.97 (0.54-1.74)	0.23 (0.08-0.69)	.05	0.75 (0.60-0.93)	.03

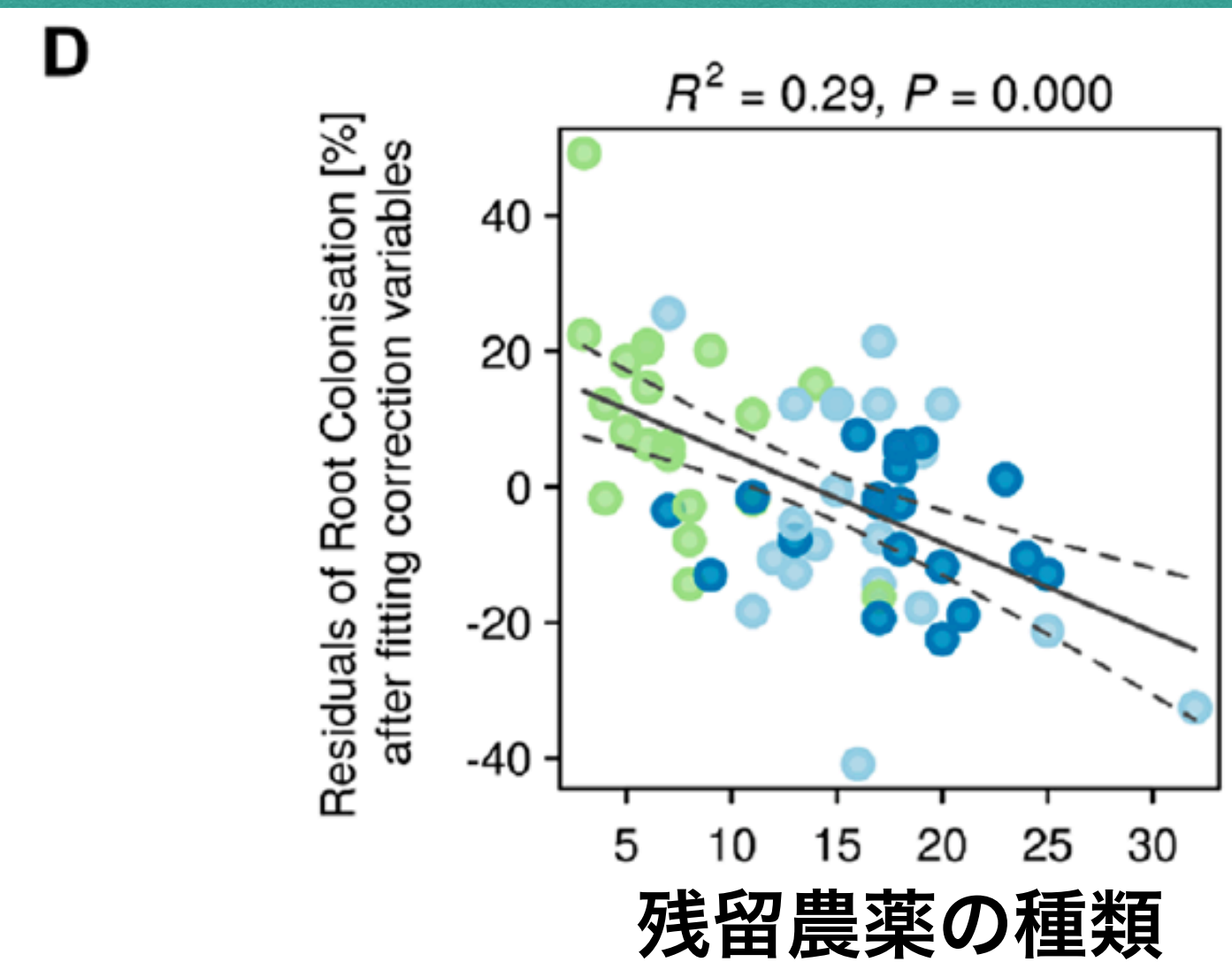
残留農薬と土壌微生物



土壌微生物バイオマス量



菌根菌の感染率

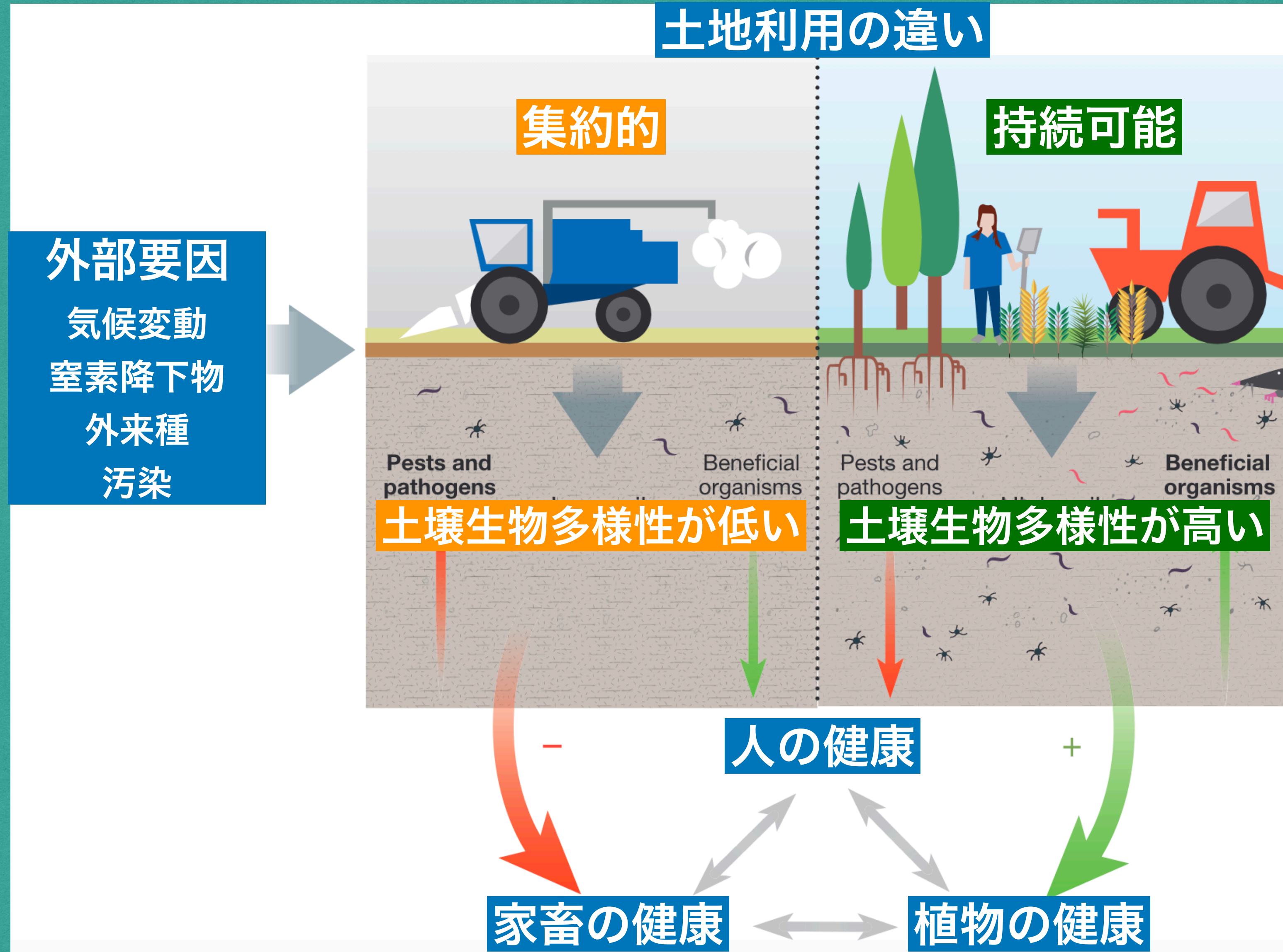


Riedo et al., 2021

- 有機栽培を開始してからの年数が長いほど残留農薬の種類が減少
- 残留農薬の種類が多いほど土壌微生物バイオマスが少なく、有用な菌根菌の作物根への感染率が低い

土壌の健康

農地管理と土壌生物多様性-人の健康

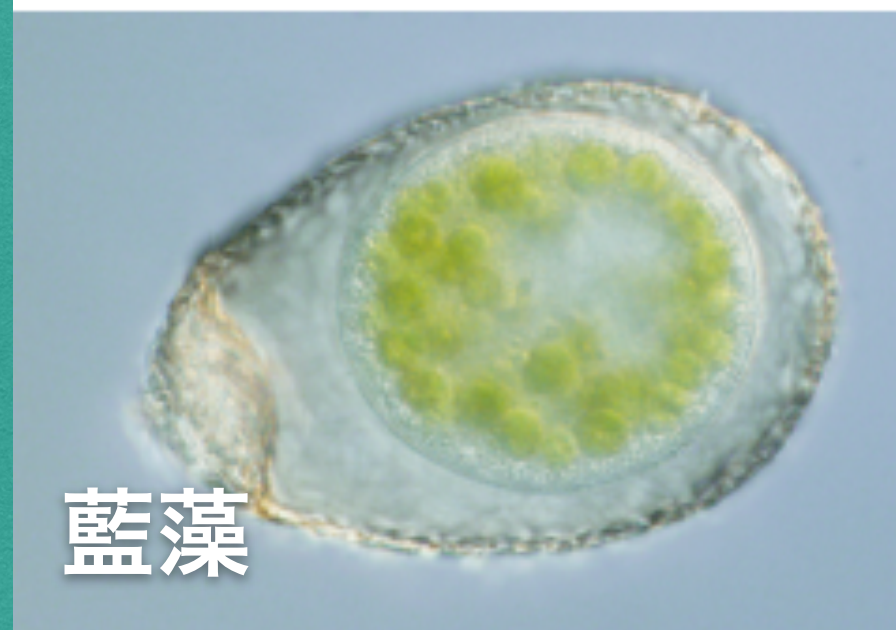




トビムシ



キノコ



藍藻



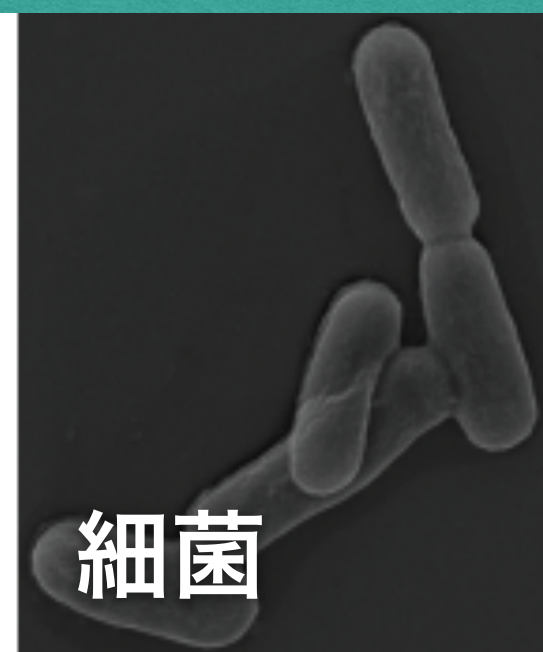
ミミズ

土壌の生物多様性

地球規模土壌生物多様性アトラス
Global Soil Biodiversity Atlas (2016)



ヤスデ



細菌



シロアリ



アメーバ



キノコ



センチュウ



コガネムシ



モグラ



ワラジムシ



トビムシ



ヤスデ



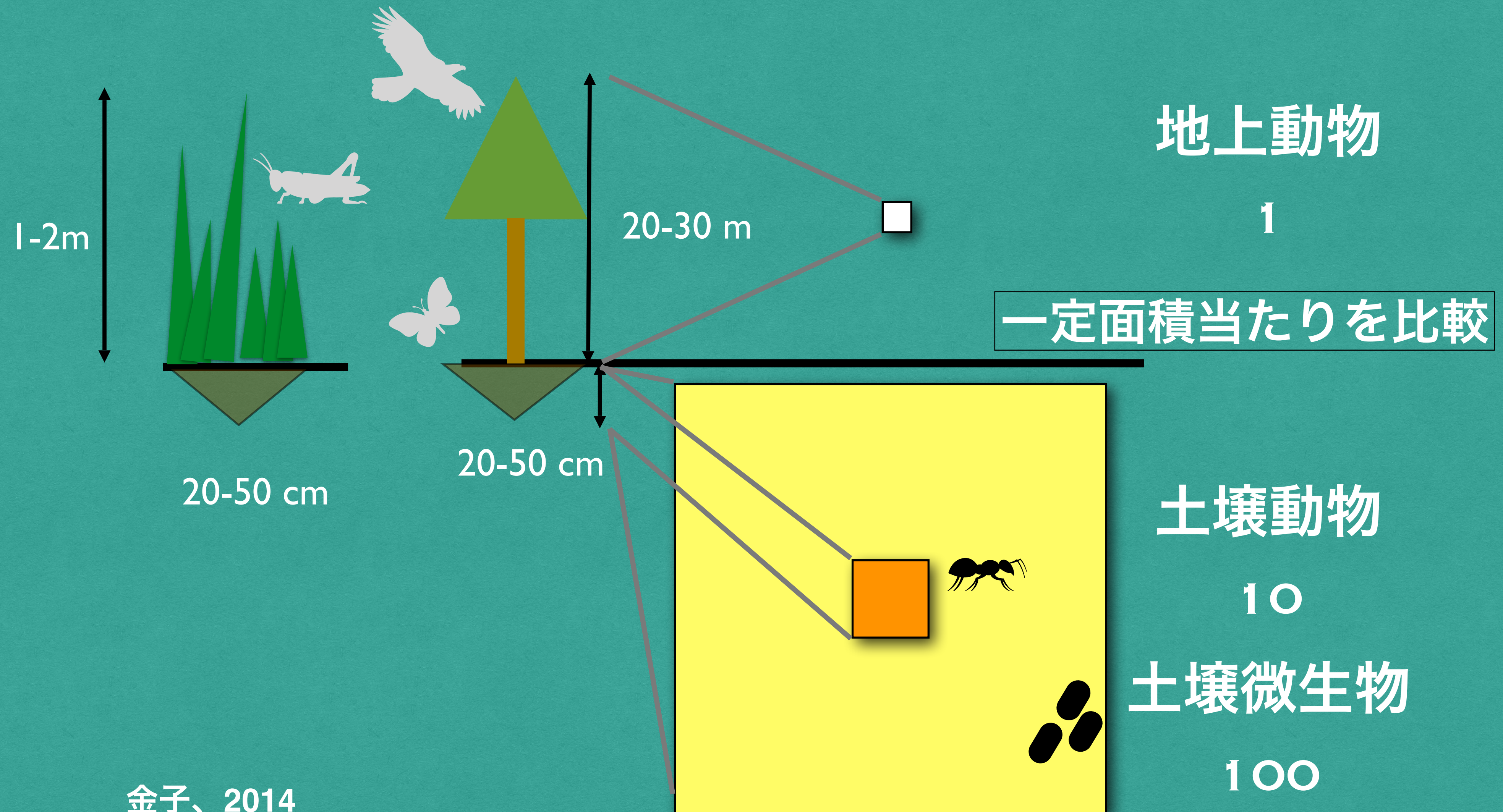
トガリネズミ

地球の生物の59%は土壌性

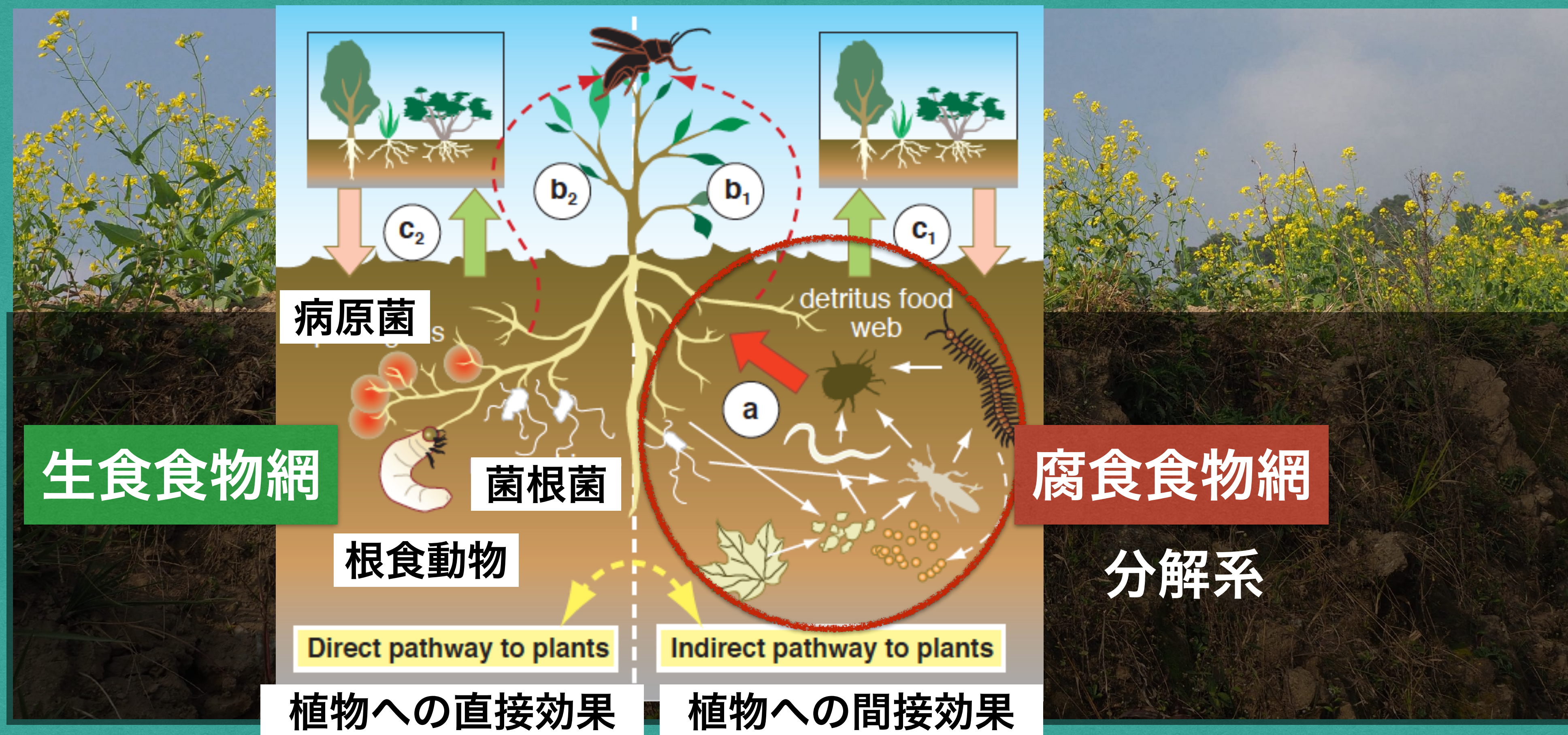


Fig. 3. Graphical overview of the share of species living in soil. Doughnuts reflect the percentage of species in soil versus all other ecosystems combined (e.g., marine, freshwater, built environment, host organisms such as humans). The larger doughnut on top shows the total share of species, and smaller doughnuts show individual shares for the most speciose and well-known groups ordered from greatest to least specialized in soil. Illustrations by Michael Dandley ©.

地上動物、土壤動物と土壤微生物の生物量



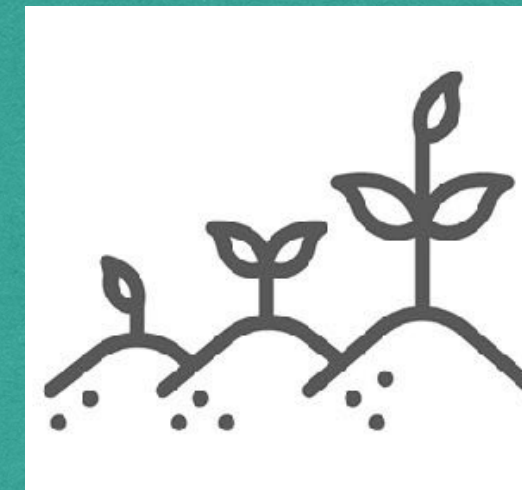
私たちは生態系の半分以下しか見えていない



土壌の健康

土壌が陸上生態系の一次生産（植物の生長）
生物多様性、そして生態系サービスを維持
する能力

- 土壌有機物が多い
- 有機物や植生が地面を覆っている
- 耕うんのような攪乱が少ない



土壌の生物活動が増加

- 保水性も排水性もよい土壌構造
- 地下水を汚染しない
- 温室効果ガスの発生が少ない

生態系サービス

供給サービス

- 食糧
- 淡水
- 木材および繊維
- 燃料
- その他

調整サービス

- 気候調整
- 洪水制御
- 疾病制御
- 水質浄化
- その他

文化的サービス

- 審美的
- 精神的
- 教育的
- レクリエーション的
- その他

基盤サービス

- 栄養塩の循環
- 土壌形成
- 一次生産
- その他

地球上の生命・生物多様性

農地の土壌劣化

L.E. Pozza and D.J. Field

Soil Security 1 (2020) 100002

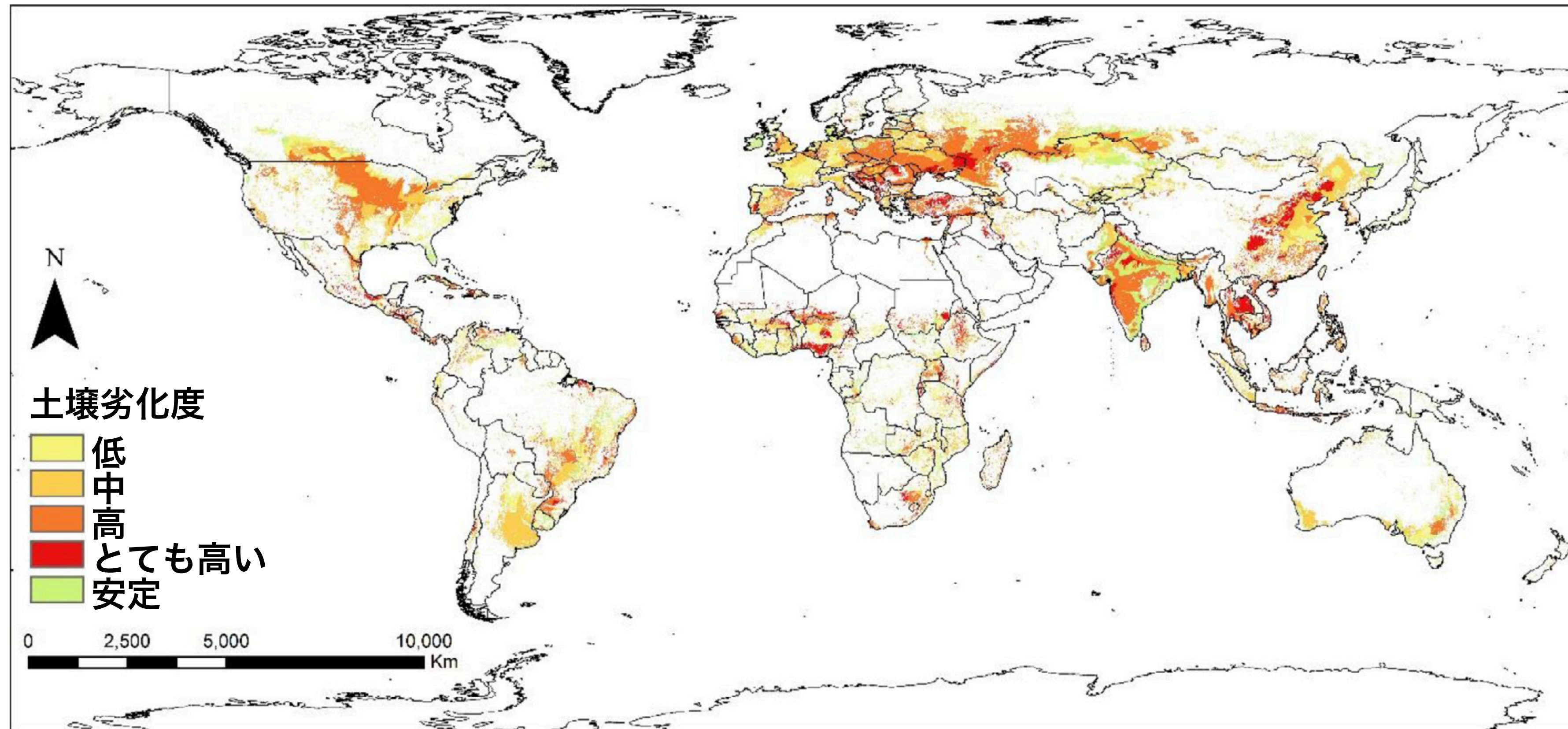
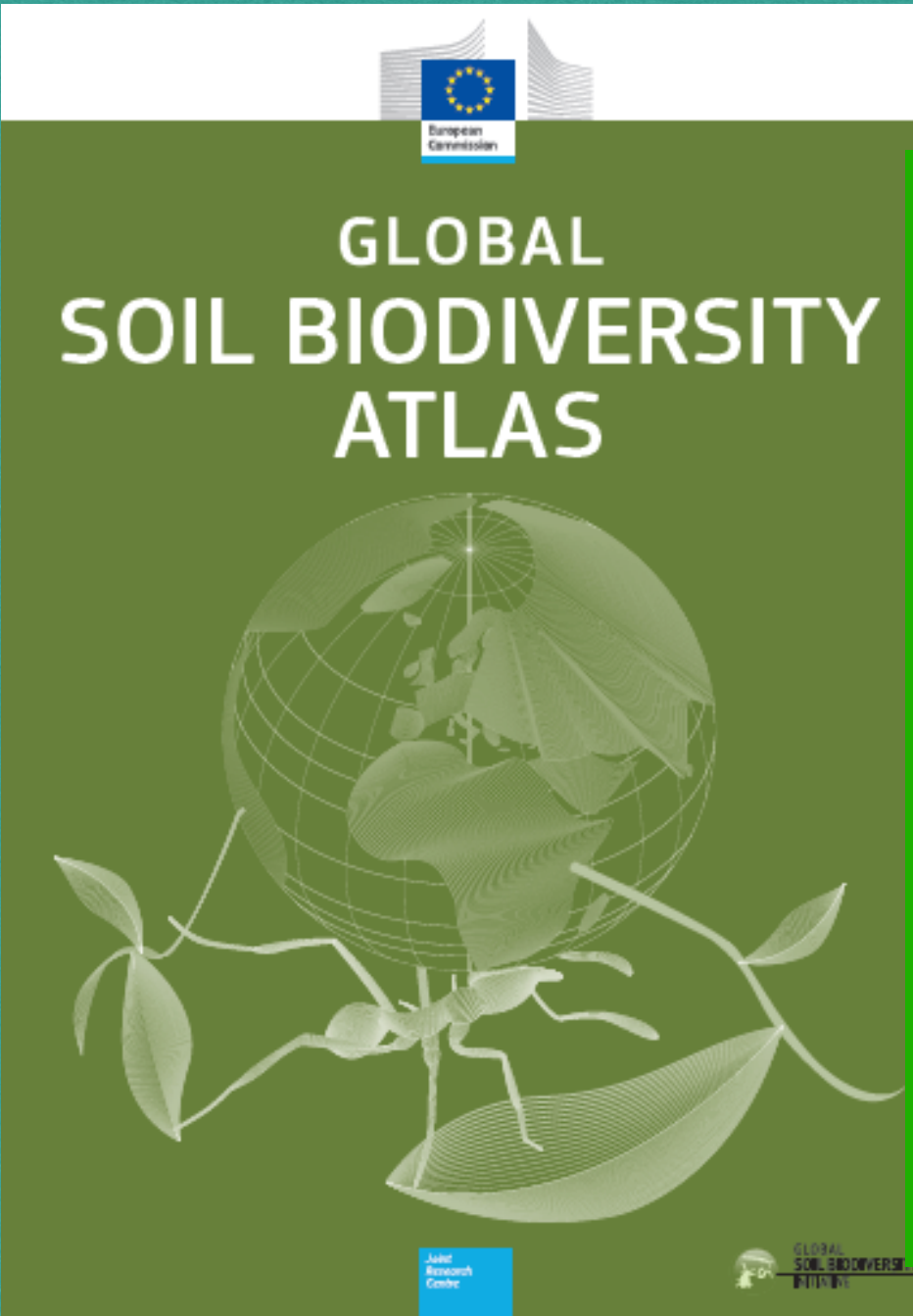


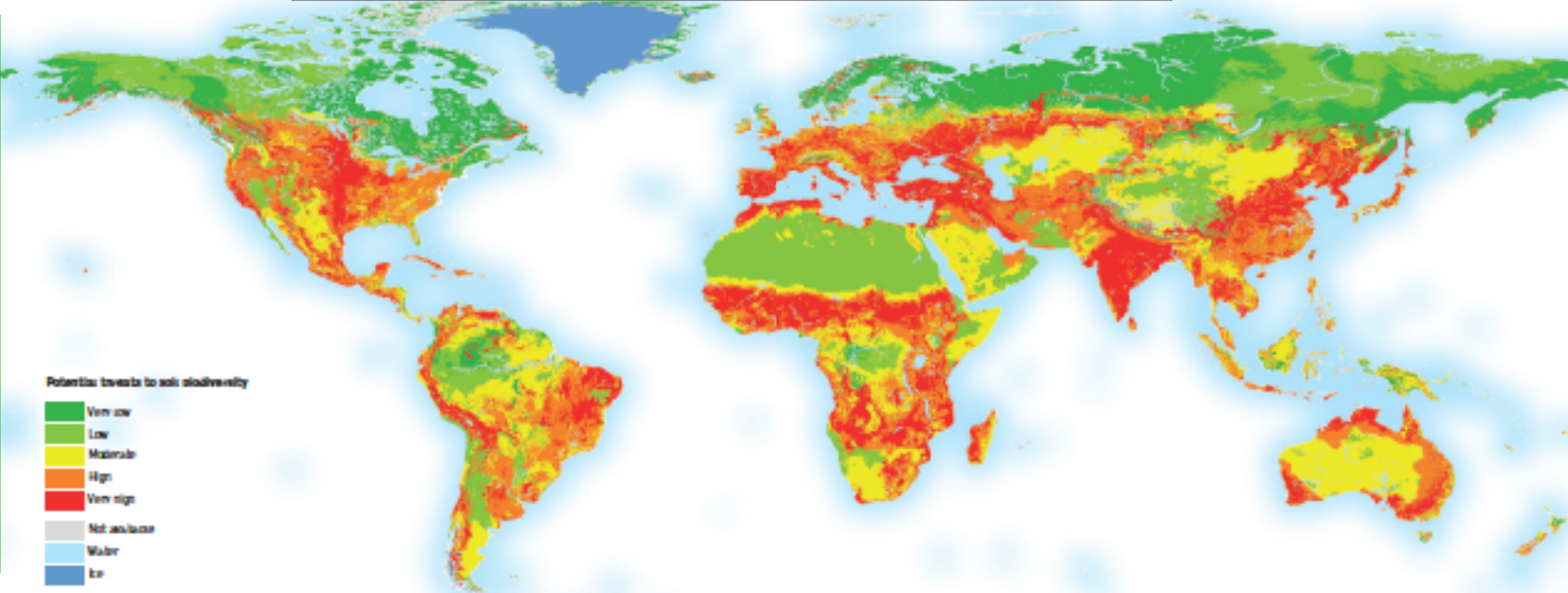
Fig. 1. Soil degradation severity obtained from the GLASOD database (Oldeman et al., 1991) and applied to global extent of dominant crops (wheat, rice, corn, barley and soybeans; Teluguntla et al. (2015)).

地球規模土壌生物多様性アトラス

土壌生物多様性の危機マップ



- 1 植物の多様性喪失地図
- 2 窒素肥料マップ
- 3 農地利用面積割合
- 4 家畜密度
- 5 火災リスクマップ
- 6 土壌侵食
- 7 土地劣化
- 8 気候変動



土壌生物の多様性を失う



生態系サービスを失う

土壌劣化

土壌生物の多様性が減少し、
土壌の健康が損なわれる

人の健康と土壌の健康の比較

~~薬、手術~~

生活習慣病

生活習慣の改善

~~農薬、化学肥料~~

土壌劣化

農法の改善

農法の改善

さまざまな保全的な農法の比較

農法	農薬	化学肥料	除草剤	耕起	カバー クロープ	有機物 マルチ	輪作・ 混作	遺伝子 組み換え
有機JAS	禁止	禁止	禁止	耕起				禁止
環境保全型農業	削減	削減	使用	耕起	推奨			
環境再生型農業 Regenerative Ag	使用	使用	使用	不耕起 省耕起	推奨	推奨		使用
保全農法 Conservation Ag	削減	削減	削減	不耕起 省耕起	必須	必須	必須	
環境再生型有機農業 Regenerative Organic Ag	禁止	禁止	禁止	不耕起 省耕起	必須	必須	必須	禁止
自然農	使用 しない	使用 しない	使用 しない	不耕起 省耕起	雑草利用	必須	必須	使用 しない

土壌生態系を守る保全農法の3原則

物理的な土壌攪乱を最小限に

(i.e. no tillage) through direct seed and/or fertilizer placement. クリンパー、不耕起播種機



地表面を有機物で保護

少なくとも面積の3割以上

(at least 30 percent) with crop residues and/or cover crops.



栽培システムの多様化

少なくとも3種以上

through varied crop sequences and associations involving at least three different crops.



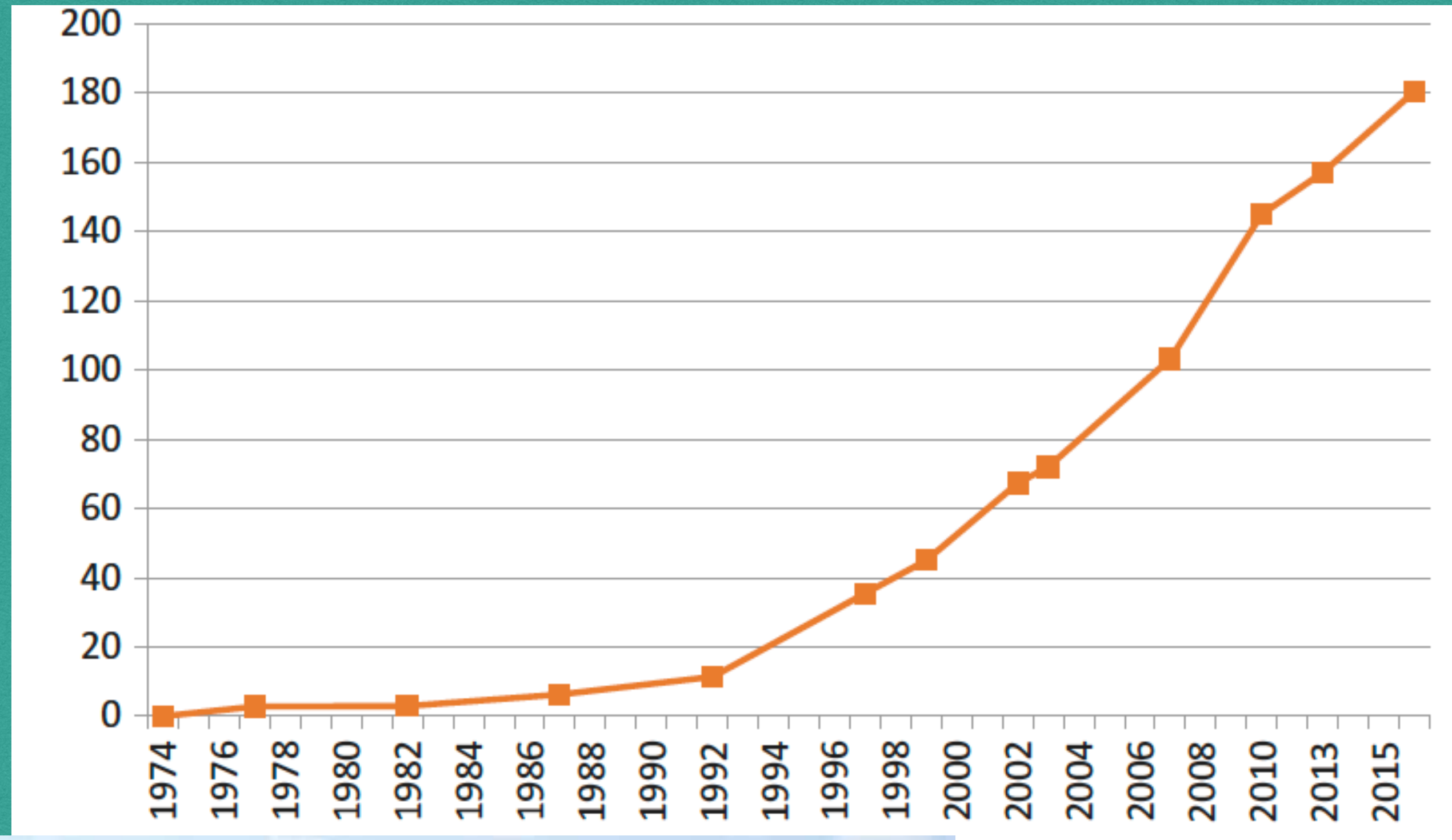
FAO

- 小規模家族農家に推奨
- 農薬、化学肥料を無理なく削減できる

「耕さない農法」
不耕起・草生栽培

保全農法の世界적인な拡大

面積 (x100万ha)



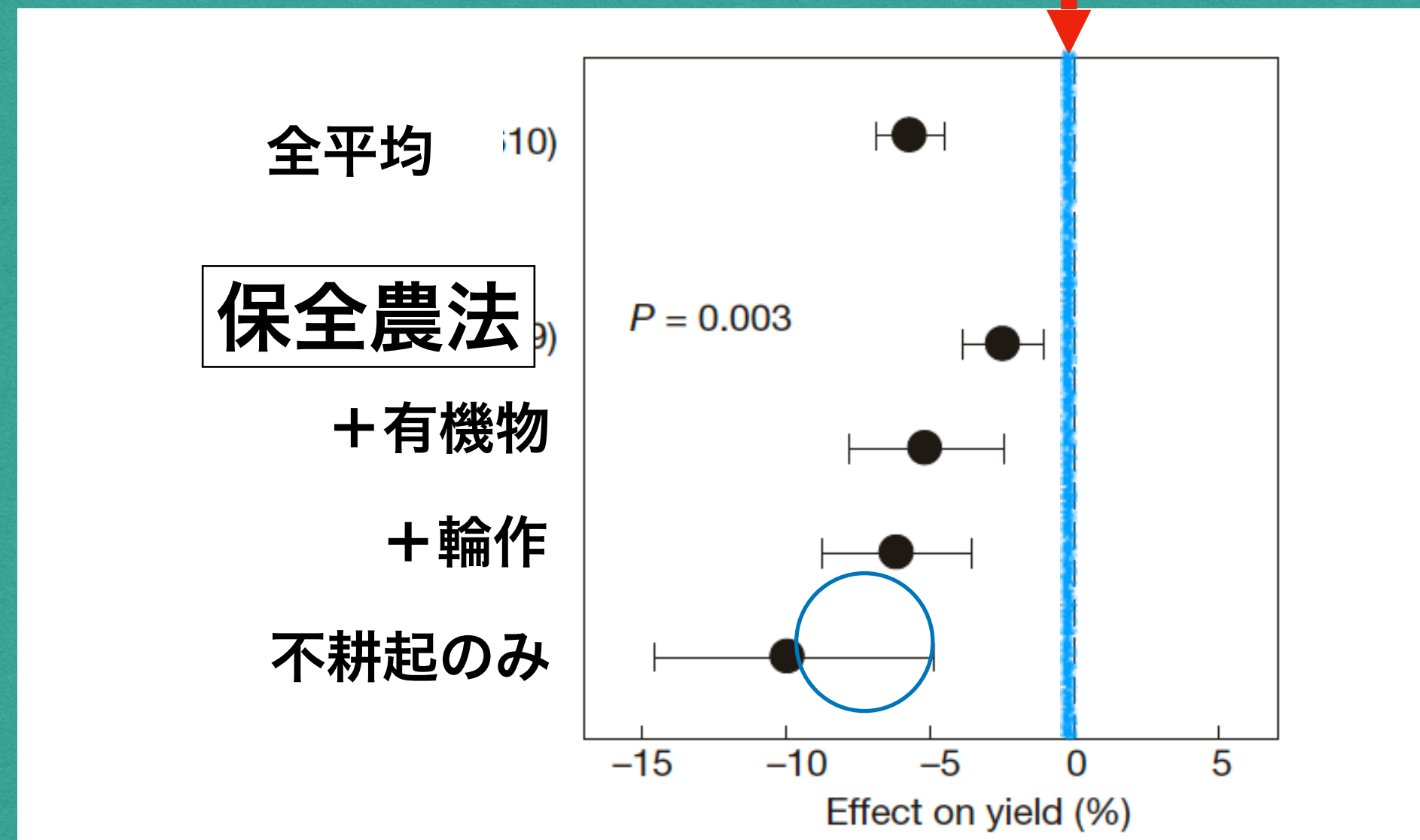
2015/16

- 1億8000万ヘクタール
- 耕地面積の12.5%
- 年間1000万ヘクタールのペースで増加
- 中国900万ヘクタール
- 韓国2万3千ヘクタール
- 78カ国で実施 (日本はゼロ)



保全農法の収量は結構高い

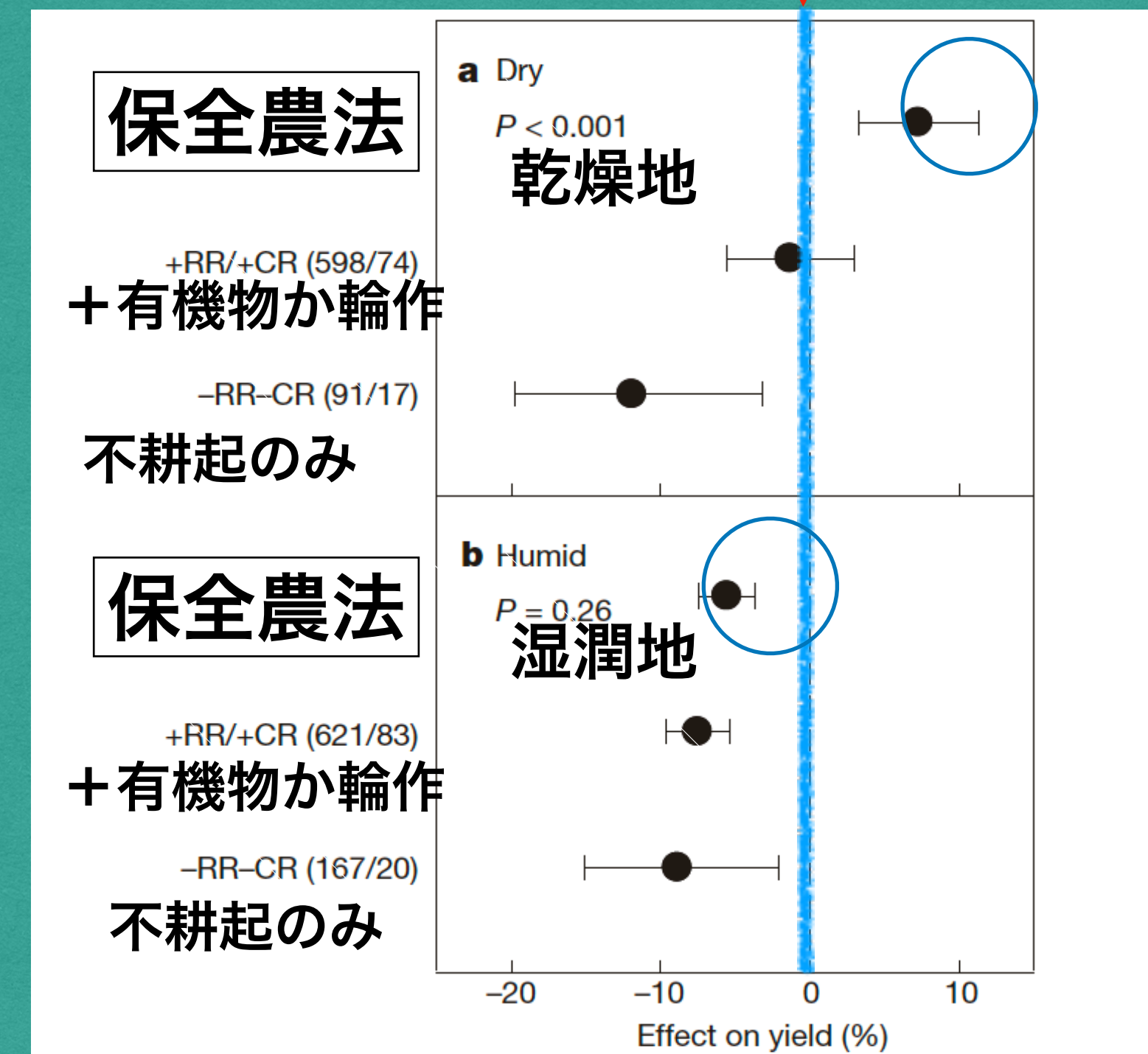
慣行と同等



3%程度減収

- 不耕起・省耕起
- 有機物による地表面の保護
- 輪作・混作

慣行と同等



乾燥地では5%程度増収

保全管理で害虫は増えない

ドイツの麦畑
耕起処理との比較

地上の害虫は保全管理で減少

耕起処理より増加



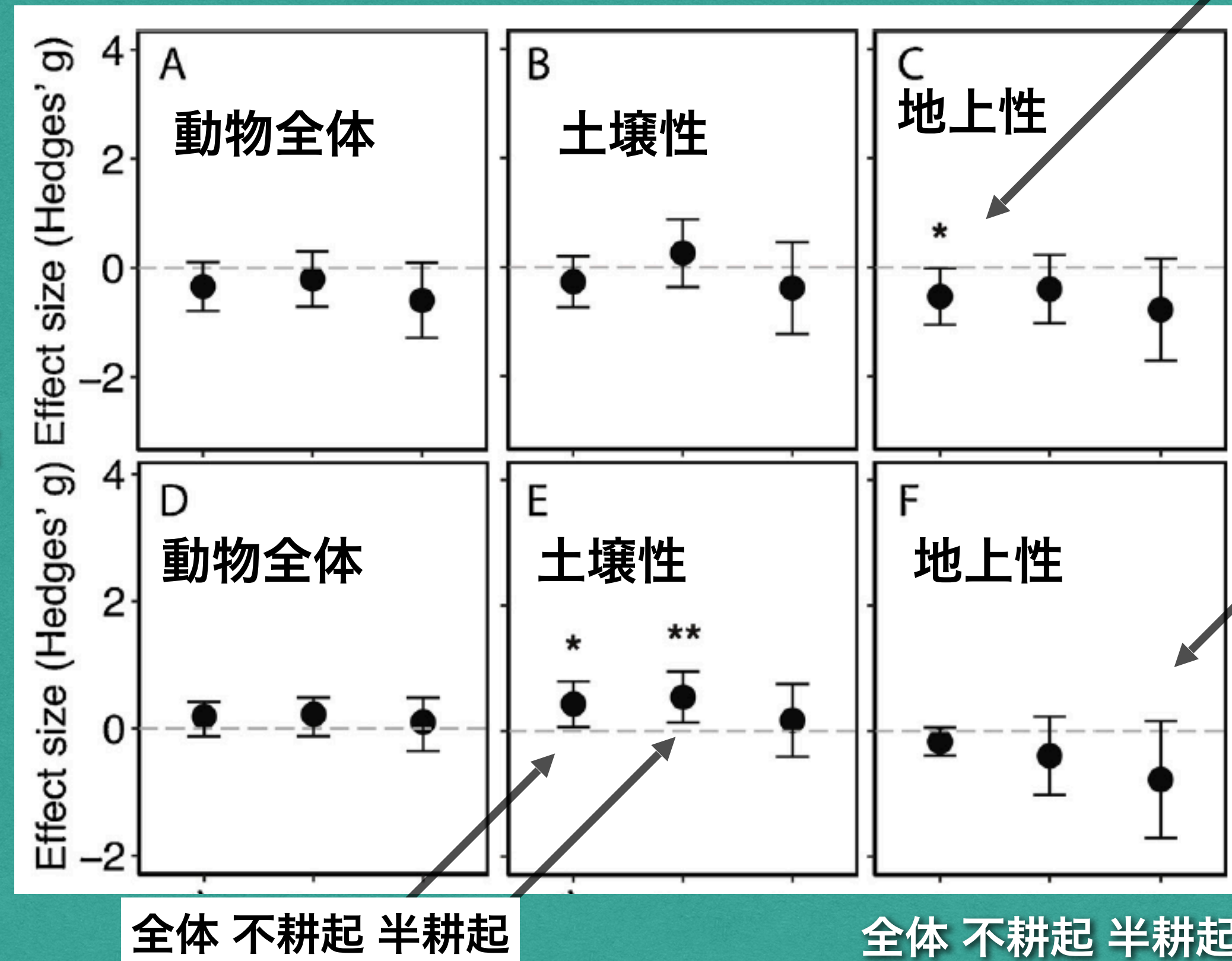
耕起処理より減少

変化率

耕起処理より増加



耕起処理より減少



食植性 (害虫)



捕食性 (天敵)

土壌の天敵は保全管理で増加

土壤生物多様性の喪失と土壤劣化

インドネシア・ランブン州
サトウキビプランテーション
Gunung Madu Plantation

試験区

2014

耕起

不耕起

耕起マルチ

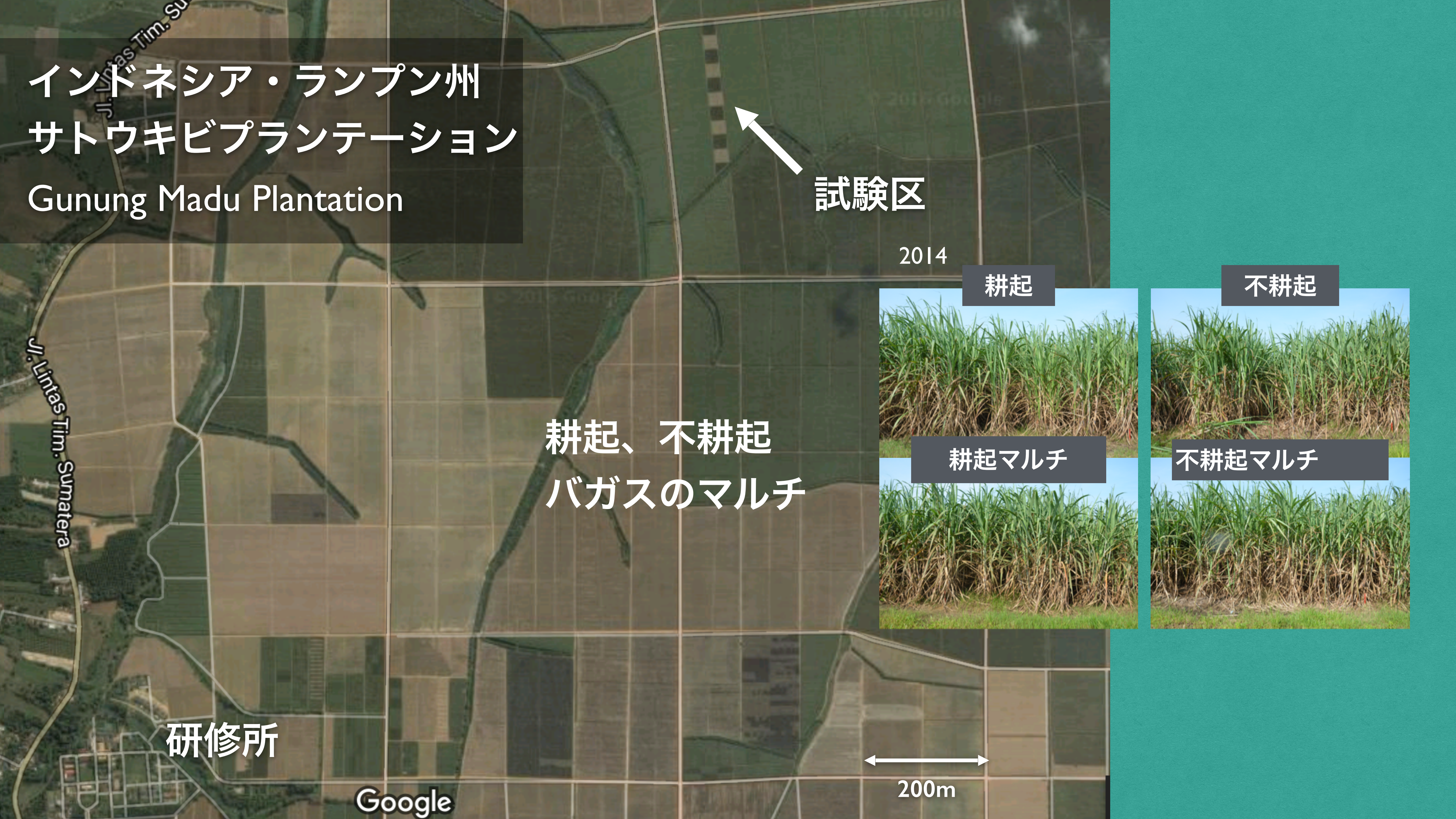
不耕起マルチ

耕起、不耕起
バガスのマルチ

研修所

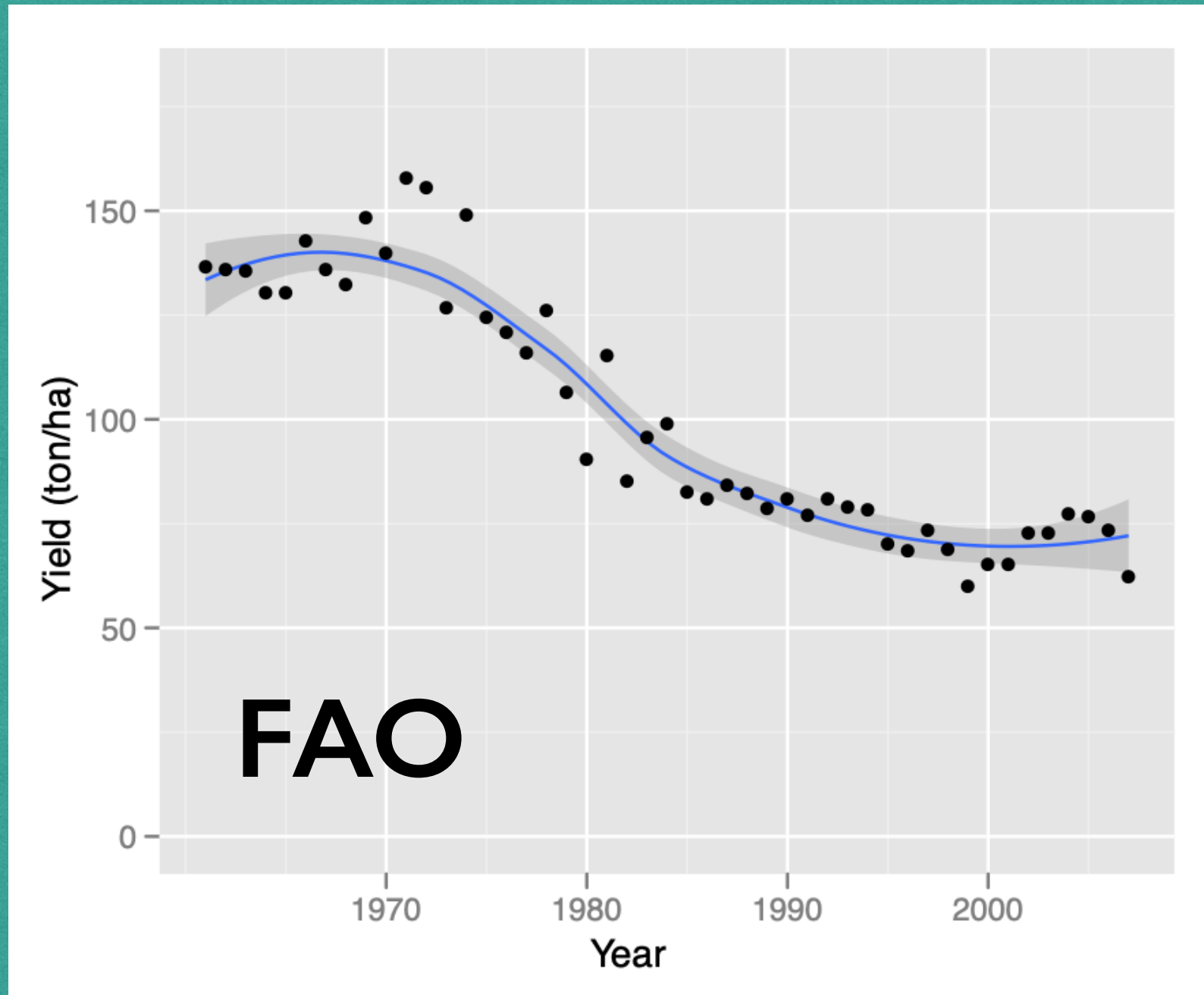
Google

200m



インドネシアと大規模プランテーションのサトウキビ収量の変化

Ton /ha Indonesia

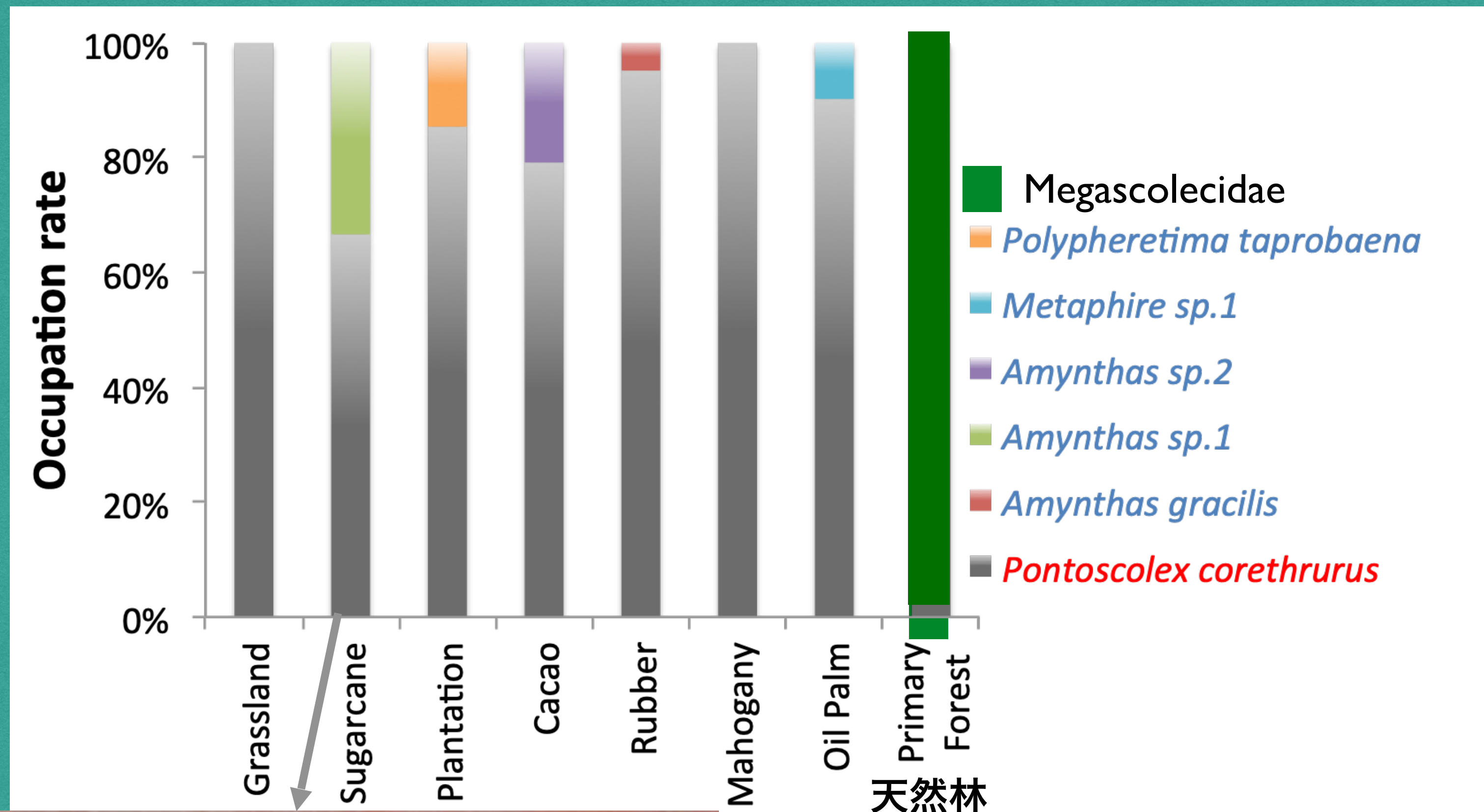


Ton /ha Gunung Madu Plantation



土壤劣化が起きて、持続可能でなくなっている

プランテーション周辺のミニミズの多様性



- 大規模プランテーション開発で在来種のミニミズが絶滅
- 土壌の再生速度が遅い



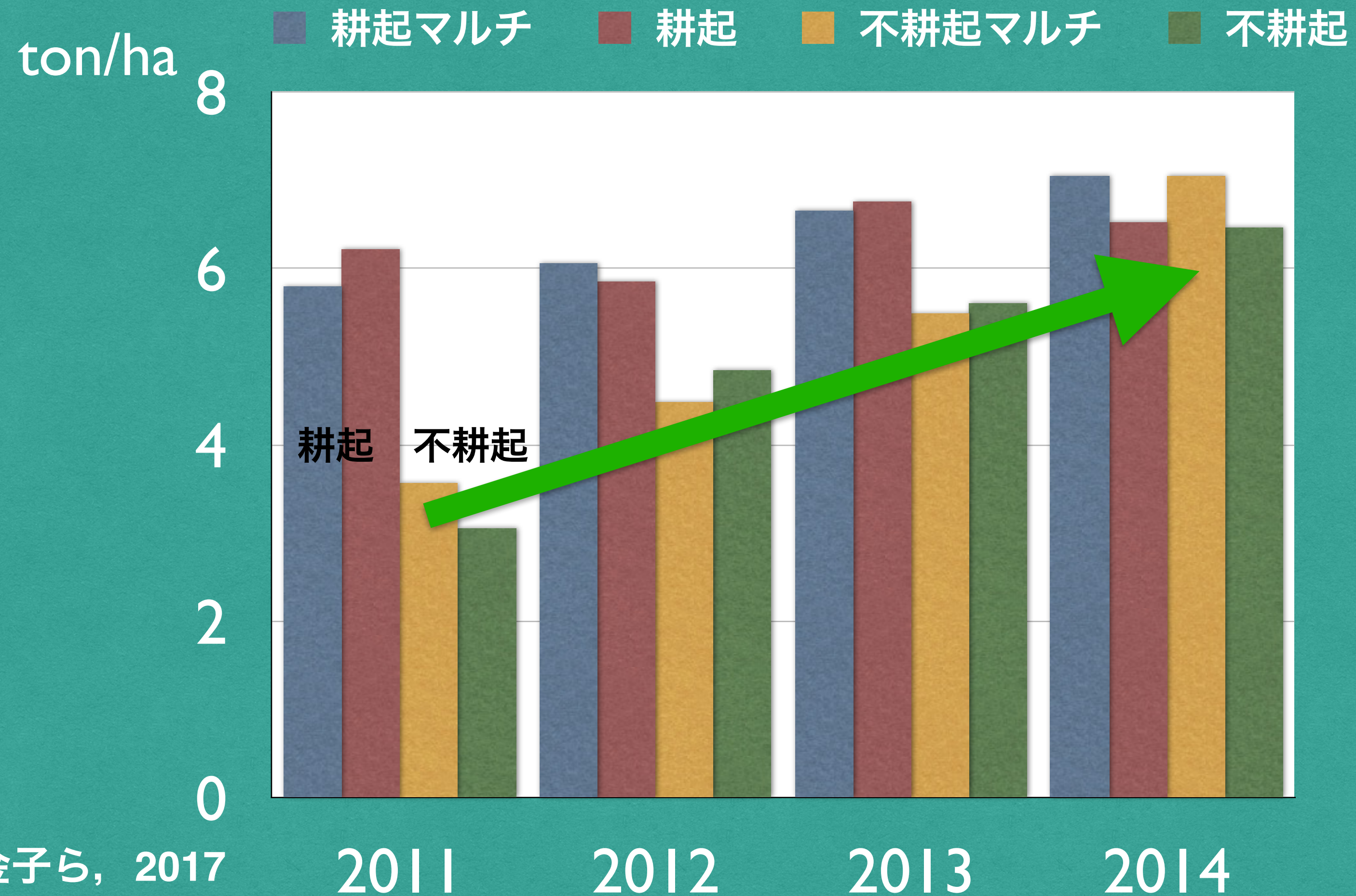
卵包

Pontoscolex corethrurus

*Pontoscolex corethrurus*という南米起源の外来種が優占

ランブンプ州サトウキビプランテーションにおける 保全管理導入後の砂糖収穫量の変化

砂糖収穫量

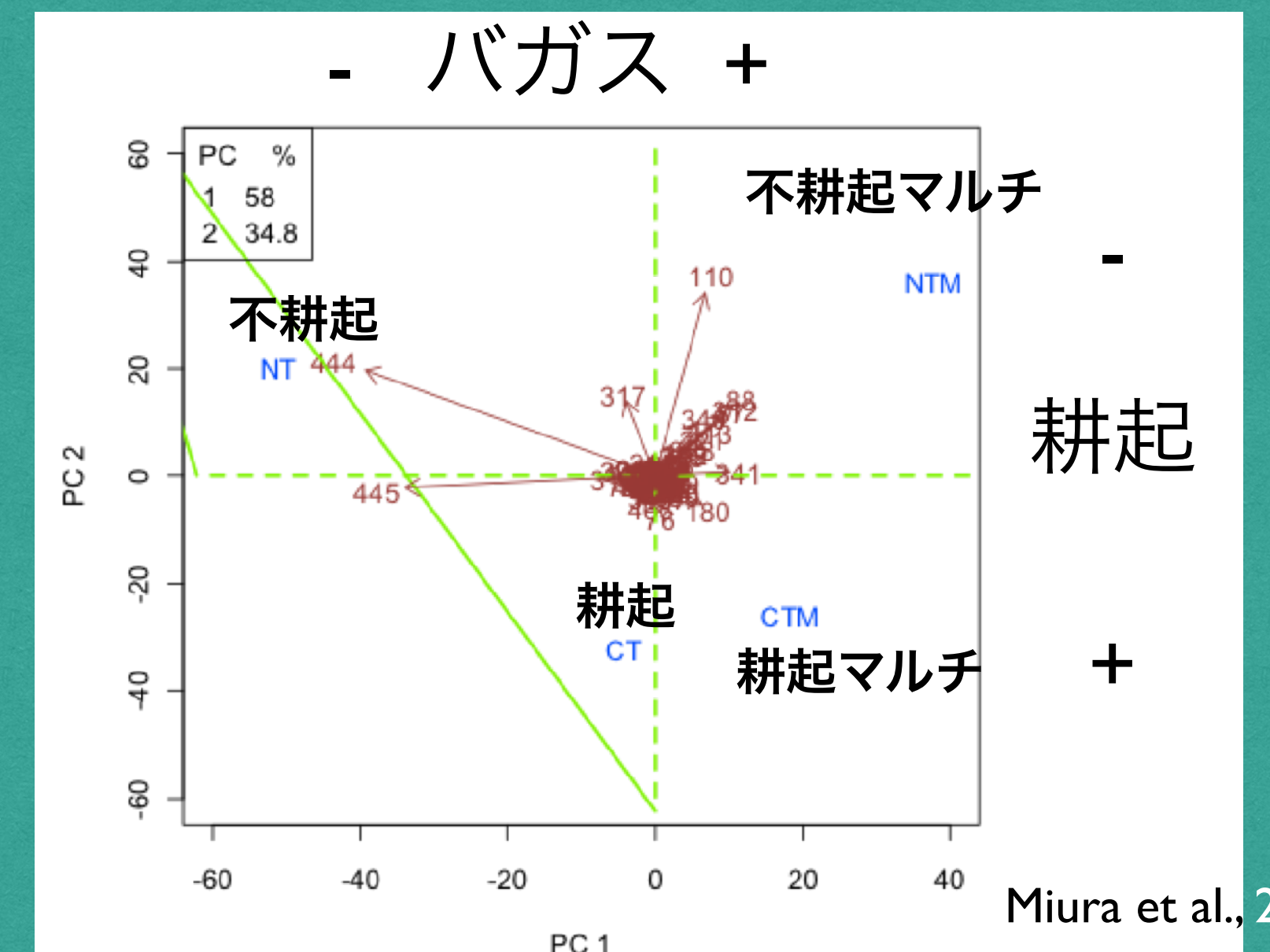


金子ら, 2017

○ 4年継続すると耕起と不耕起の収穫量の差はなくなった

○ ミミズの多様性は低いですが、数量は増加

○ 微生物群集も大きく変化



耕さない農法の導入で熱帯でも土壌の機能を回復

砂糖収量 Sugar yield

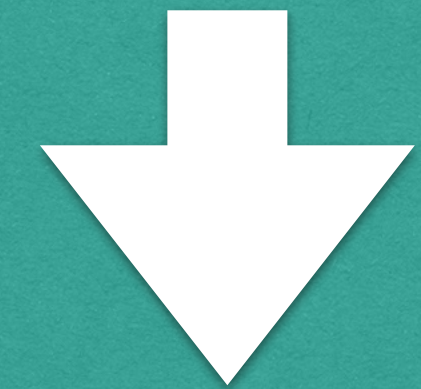
土壌炭素濃度 Soil C

土壌窒素濃度 Soil N

二酸化炭素の放出速度(-) CO₂

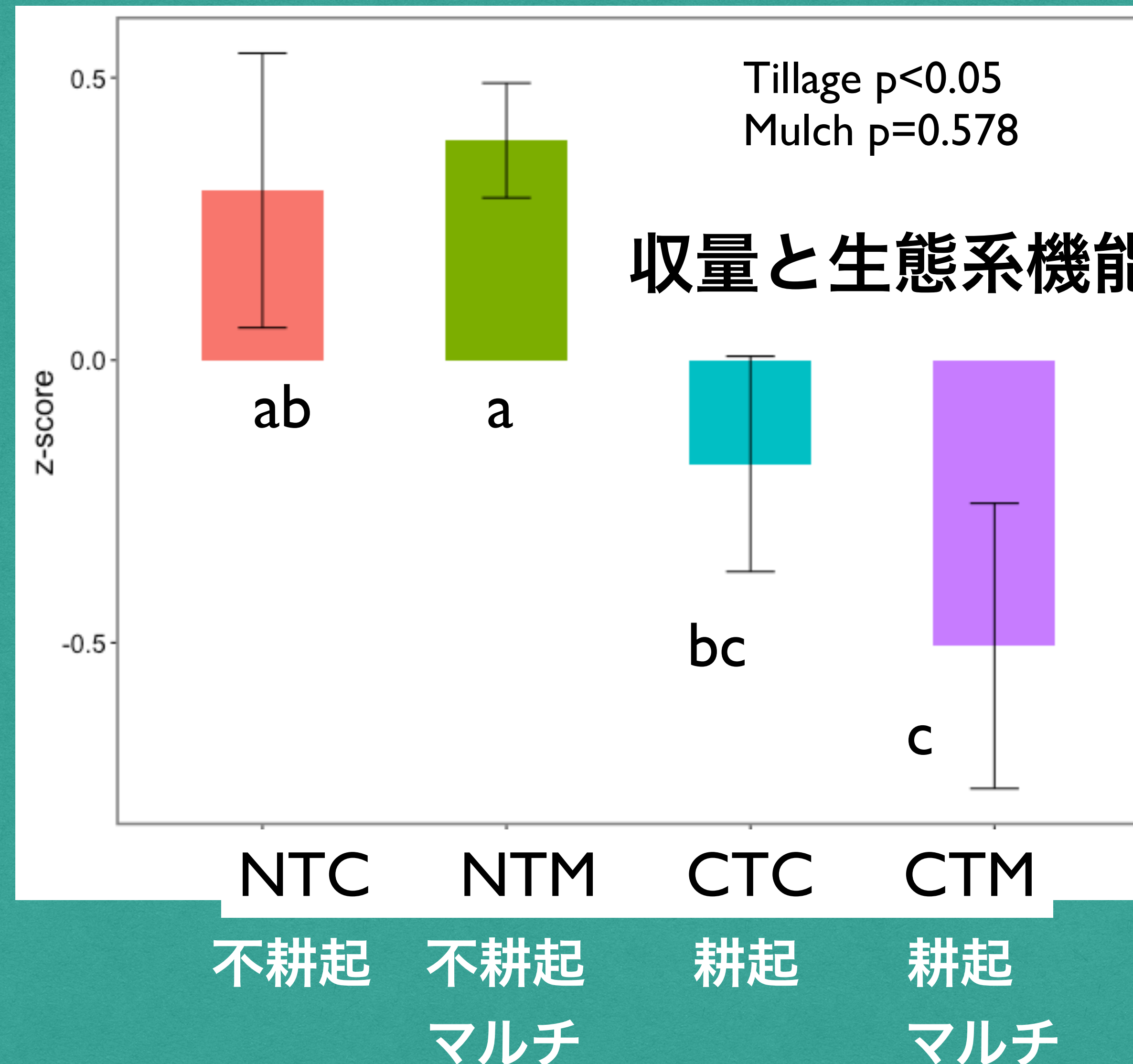
一酸化二窒素の放出速度(-) N₂O

二酸化炭素の吸収速度 CH₄



z-score

$$z_i = (X_i - \text{mean}) / \text{sd}$$



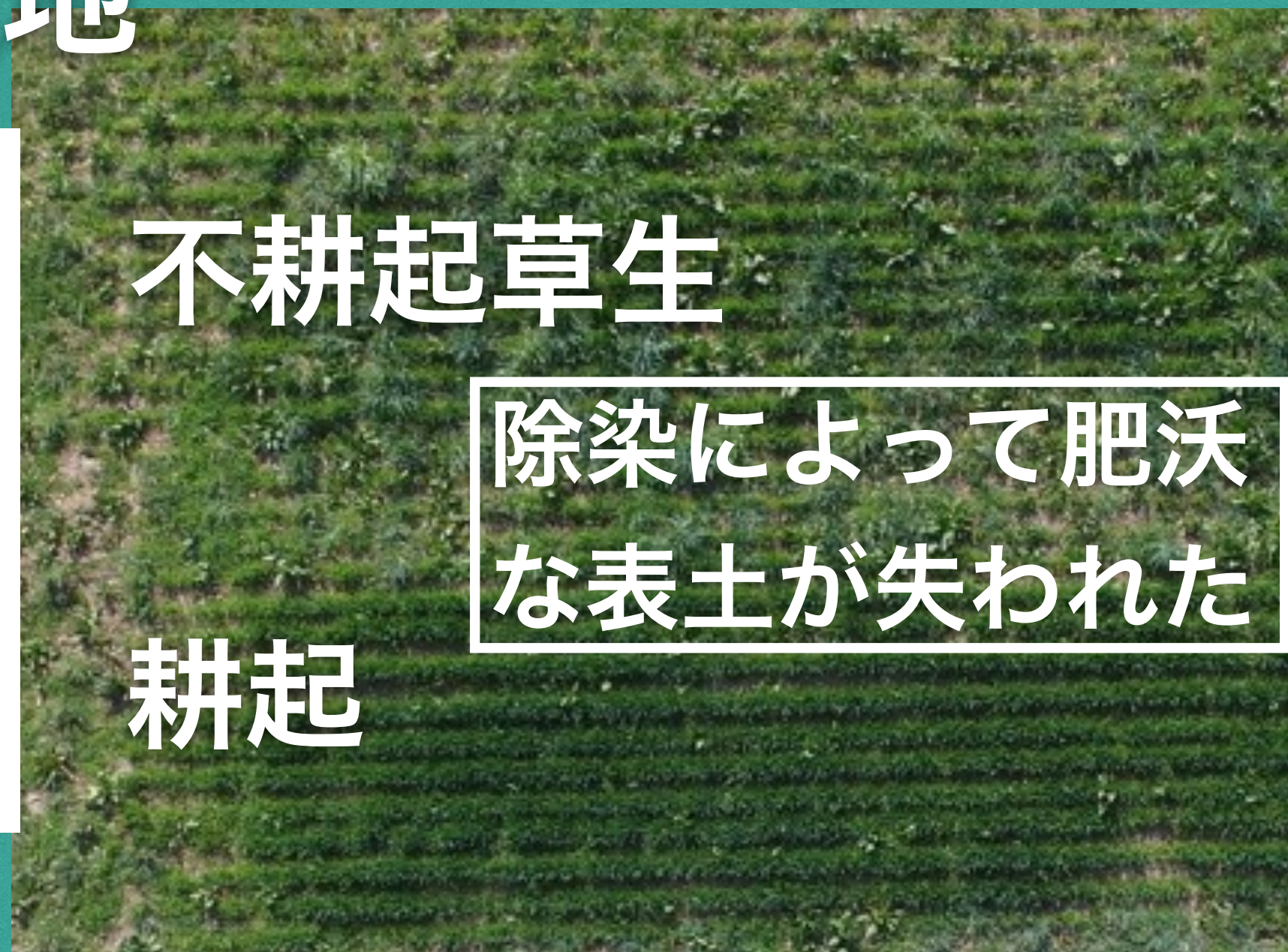
収量と生態系機能が両立

なぜ、耕さなくても作物が育つのか？

飯舘村試験地



福島県

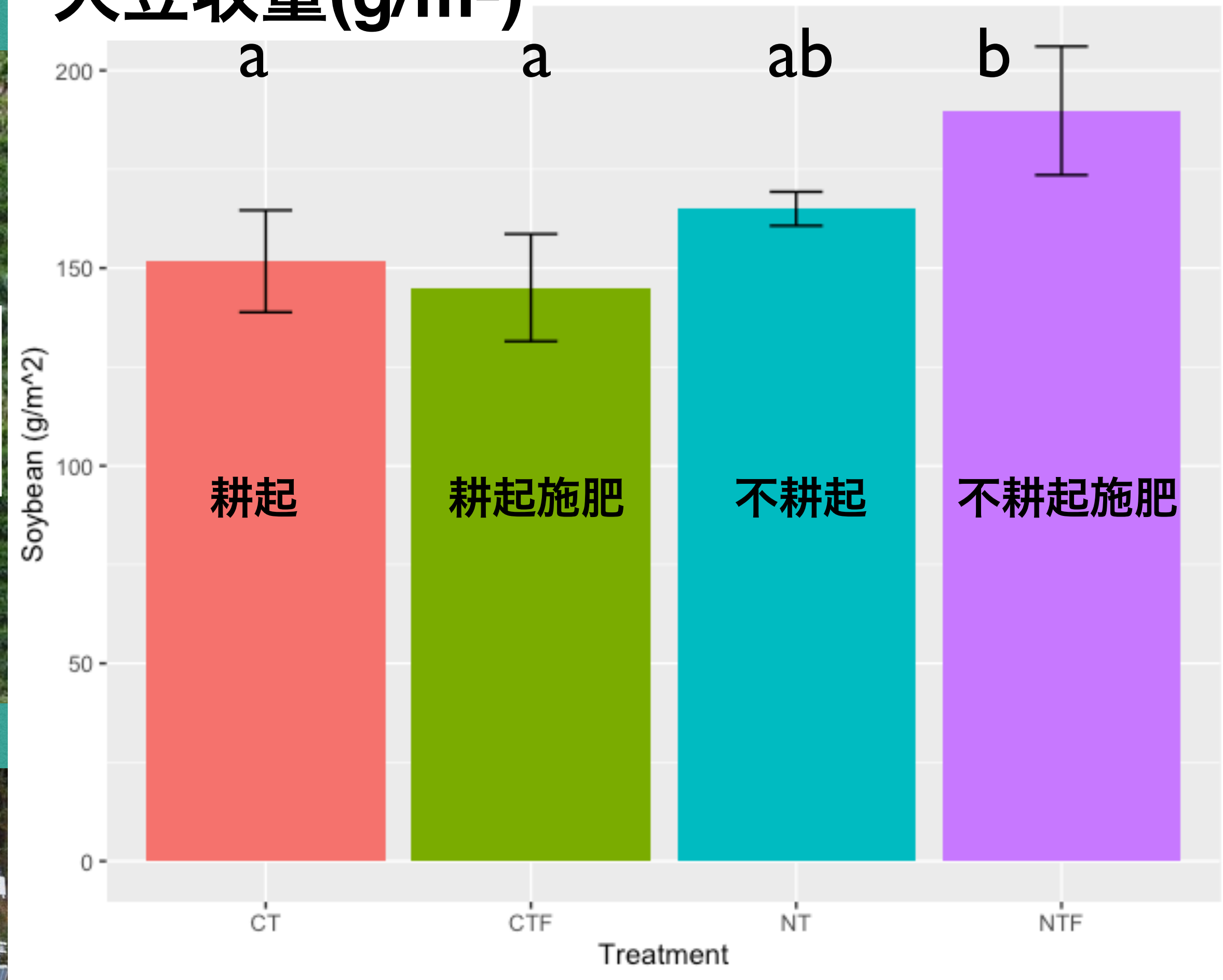


不耕起草生

除染によって肥沃な表土が失われた

耕起

大豆収量(g/m²)



耕起



不耕起草生

2020年11月2日

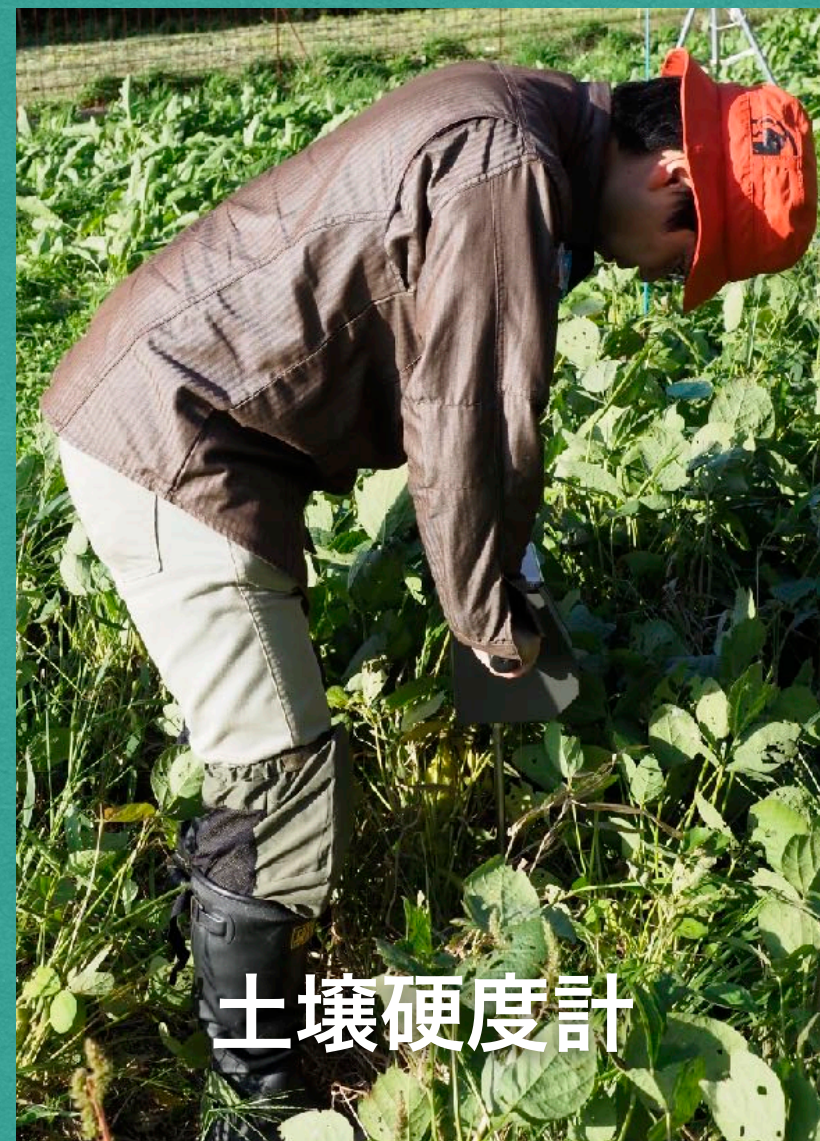
耕さないとうが硬くなるか？

耕うんしたところは柔らかい

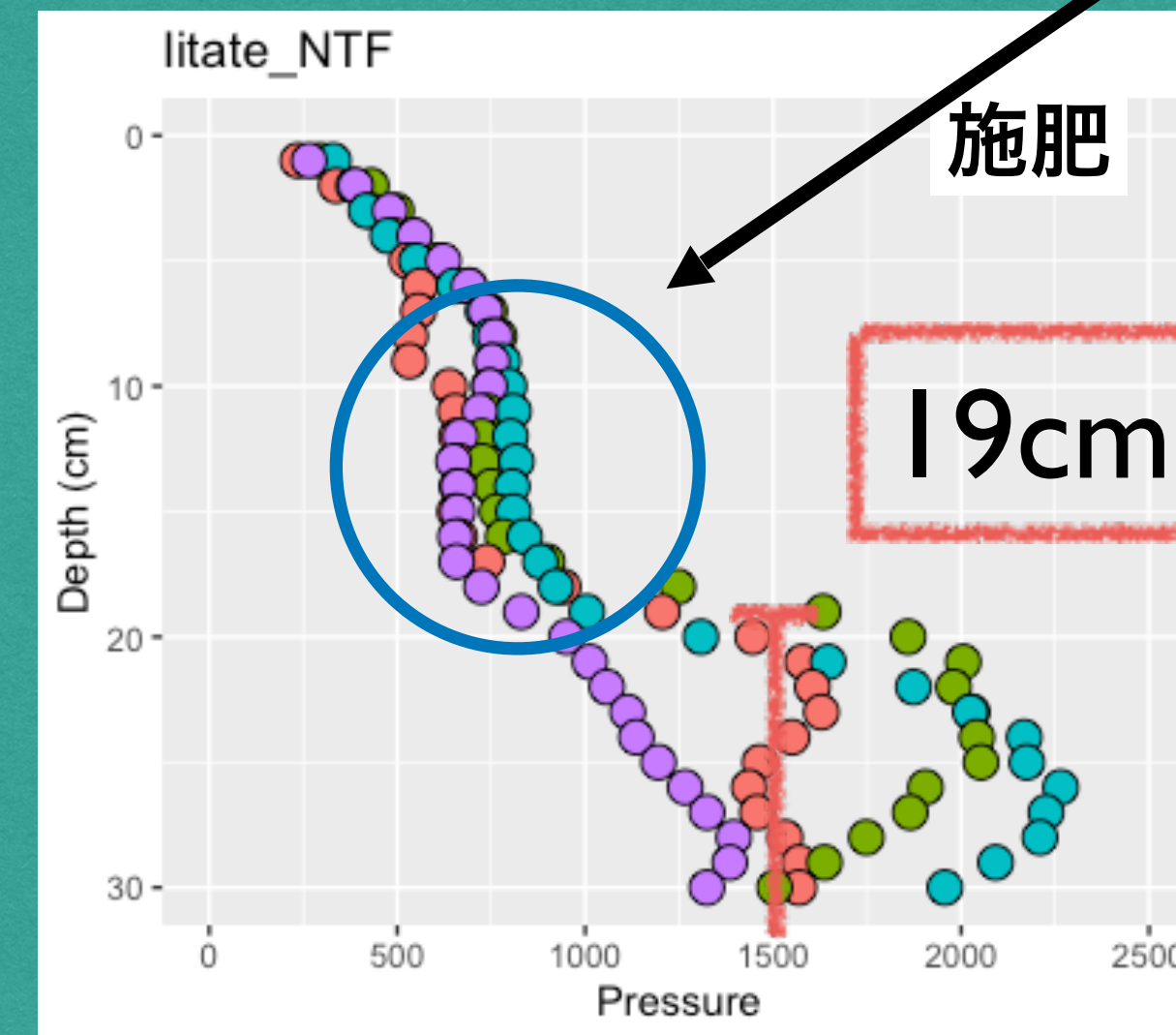
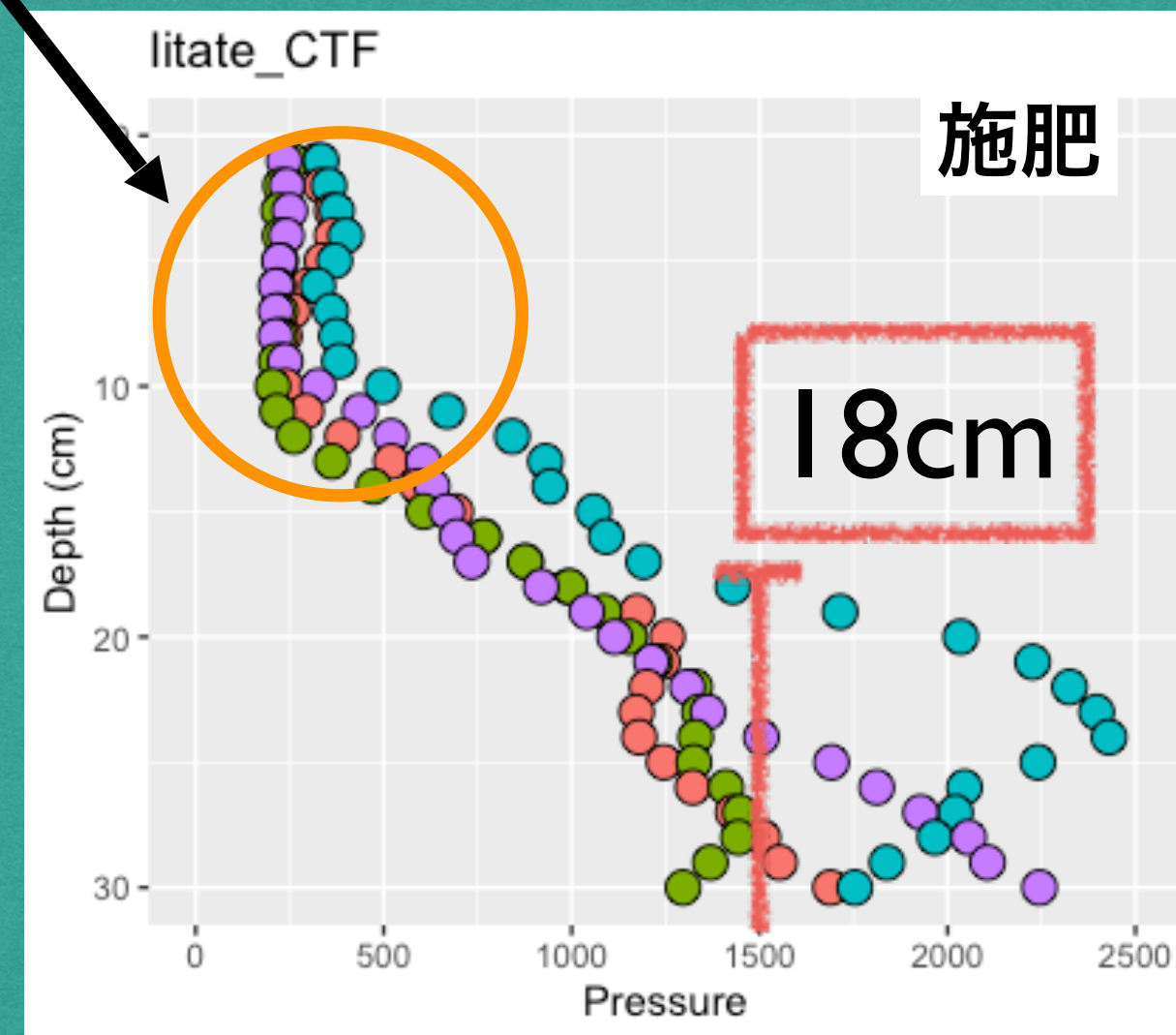
不耕起で深い層が柔らかい

耕起

不耕起草生



深さ



1500Paより硬くなる深さ

硬さ

2020年6月

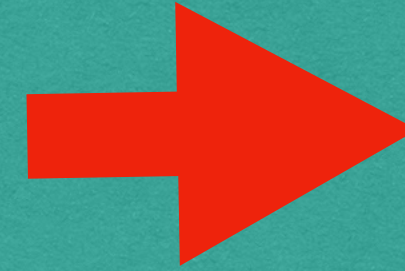
飯舘村試験地

土壌動物群集の比較

Comparison of soil food web



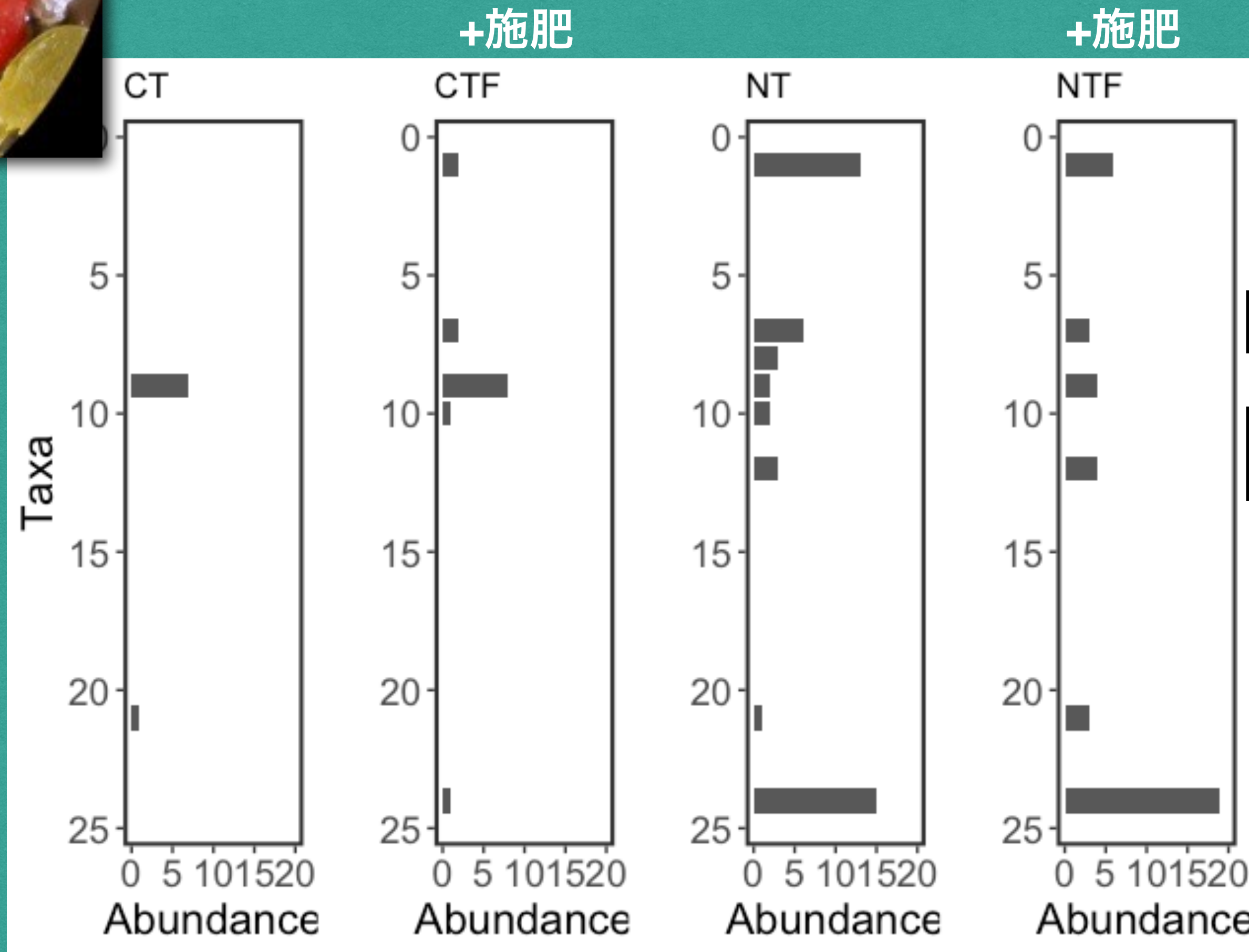
耕起



不耕起・草生

土壌動物の多様性、
生物量が増えて土壌
構造を維持し、物質
循環を駆動する

根食者 Root feeders



種子食者 Seed feeders

捕食者 Predators

ミミズ Earthworms

飯舘村試験地

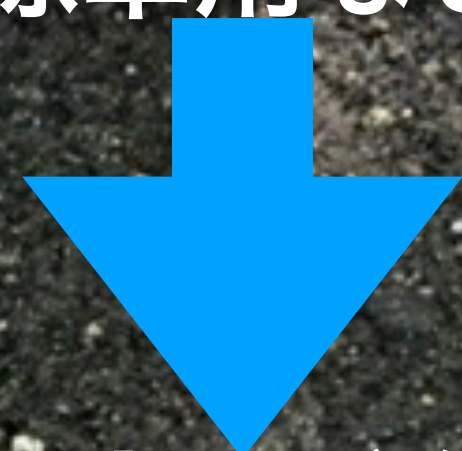
July 14, 2020

個体数 (1m²)

畑から土を取って、水と混ぜると



不耕起 + 除草剤 不耕起 除草剤なし 耕起 + 除草剤 耕起 除草剤なし



土壤生物が作った
耐水性団粒が豊富

梶沢試験地

耕起と除草剤の影響

- 不耕起栽培でも 除草剤 を使うと土壌はよくなる
らない
- 有機栽培でも、耕起 を
すると土壌はよくなる
ない

有機耕起栽培と有機不耕起草生栽培の土壌動物群集

二本松市あだたら食農schoolfarm

5分類群

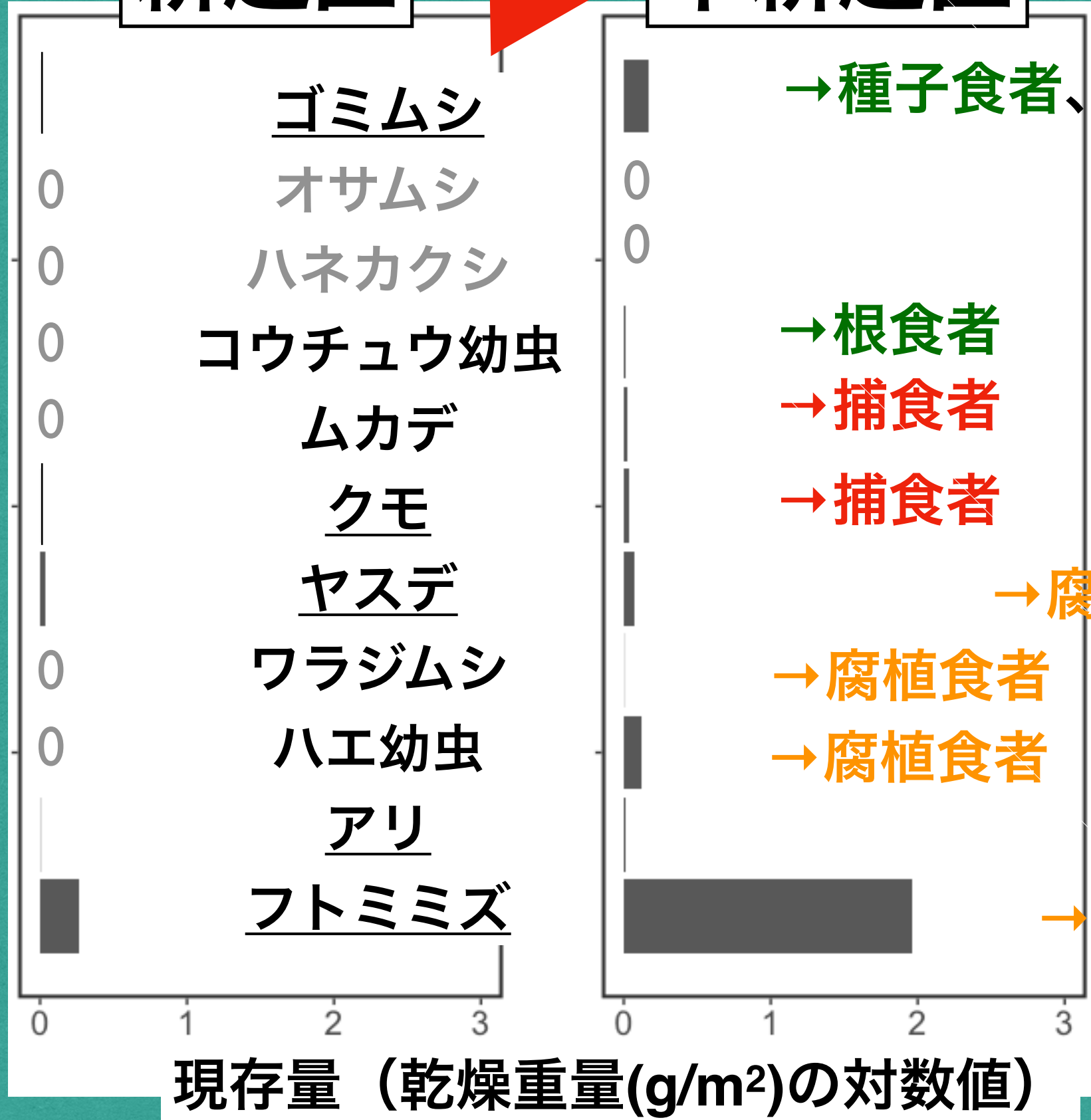
面積あたりの乾燥重量

1.09g/m²

多様性低く、捕食者がいない

分類群名に下線があるものは両方に出現

耕起区 → 不耕起区



9分類群

面積あたりの乾燥重量

21.2g/m²

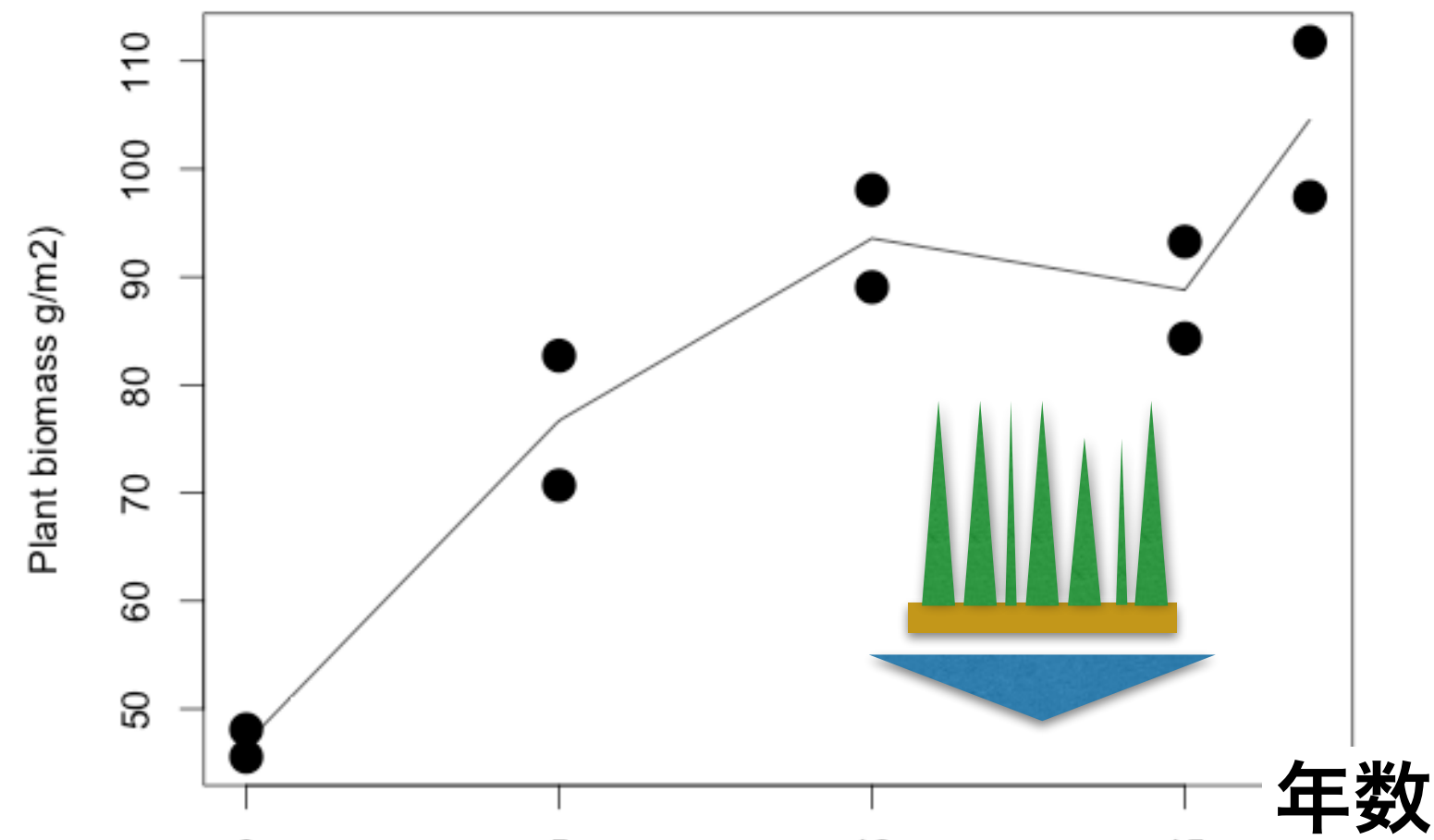
多様な分類群、現存量が20倍以上多い

保全農法の採用で、土壌生物多様性が向上し、生態系サービスが向上

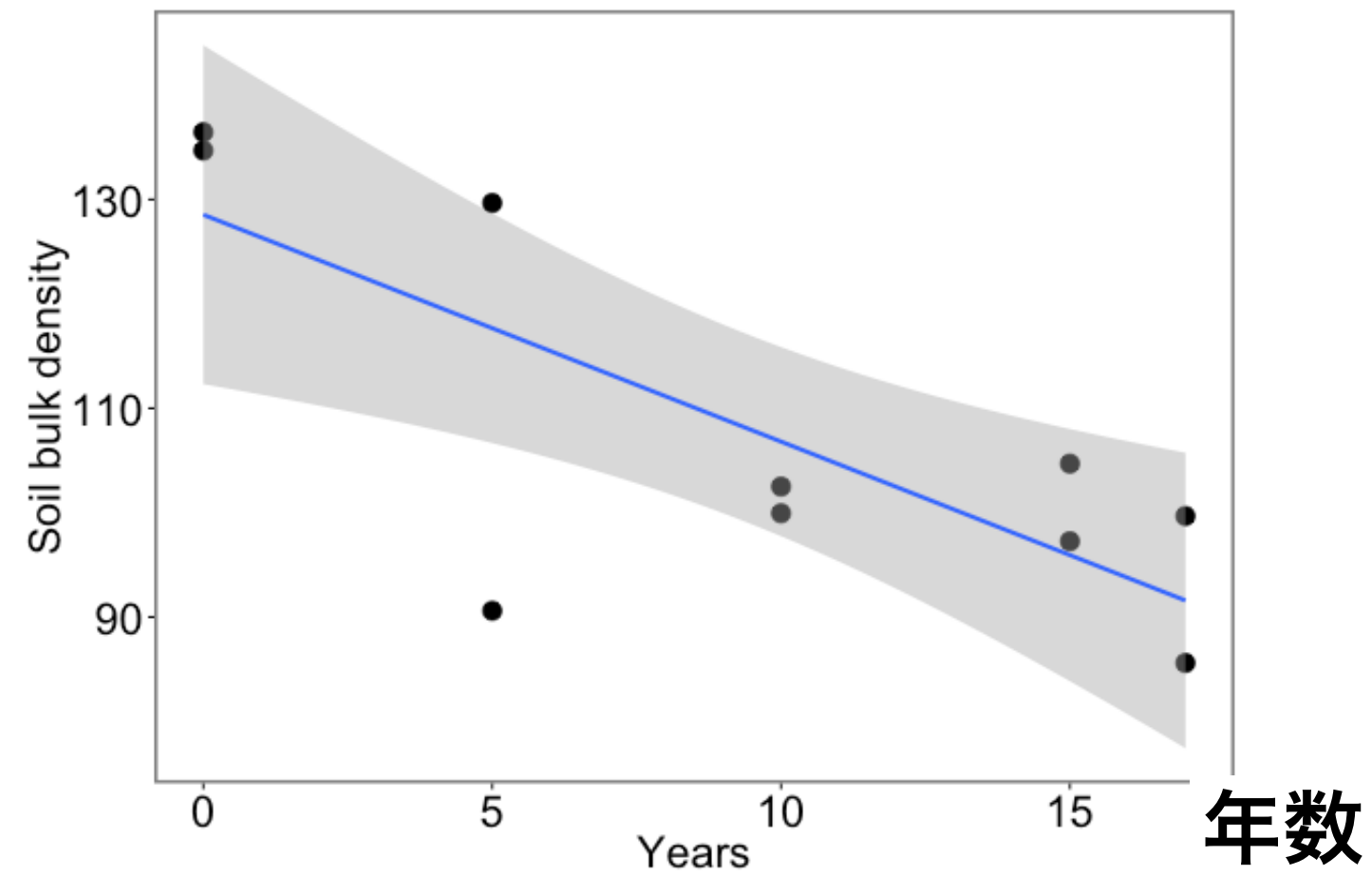
不耕起・草生栽培による17年間の変化

三重県赤目自然農塾

雑草バイオマス

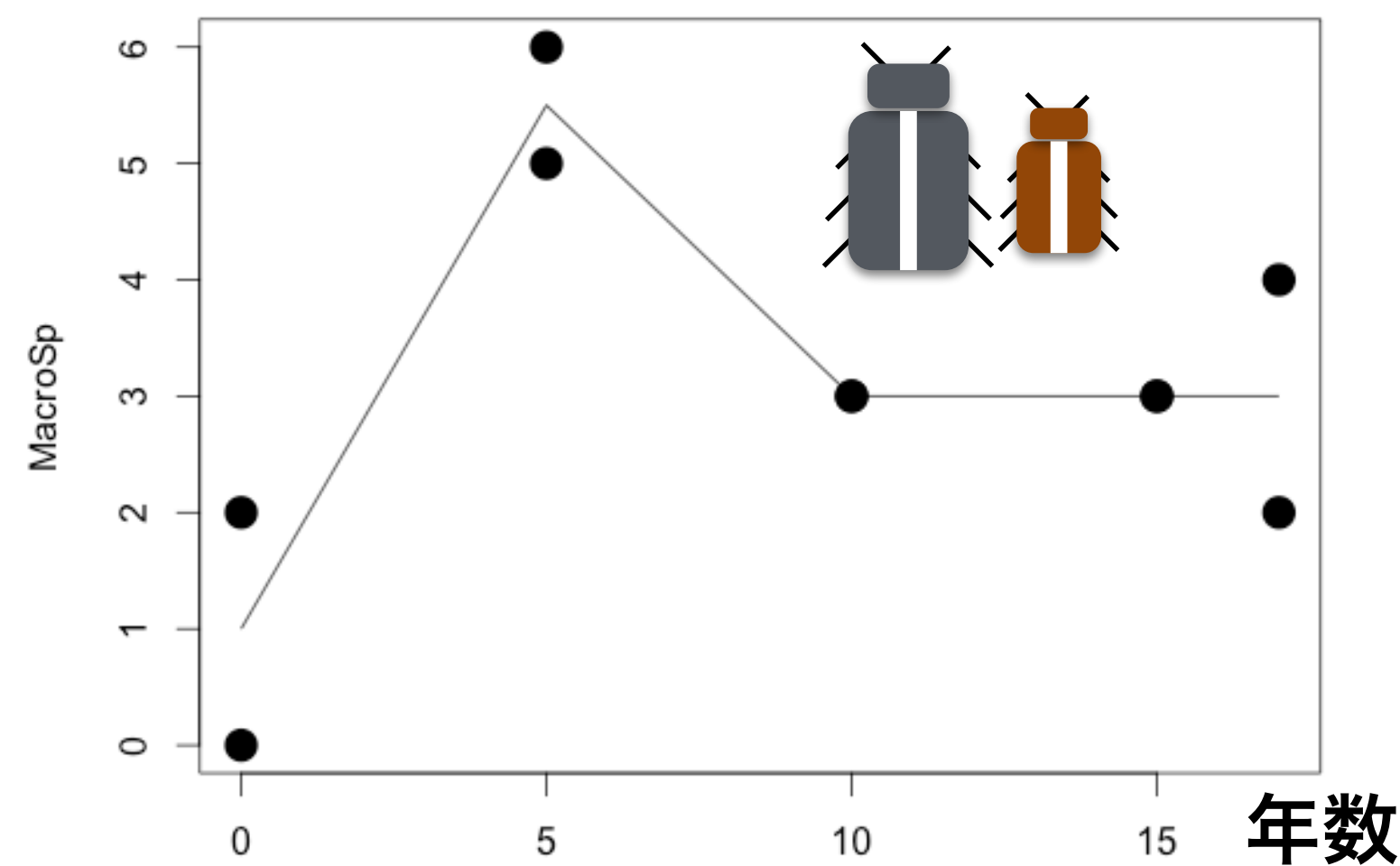


細土重

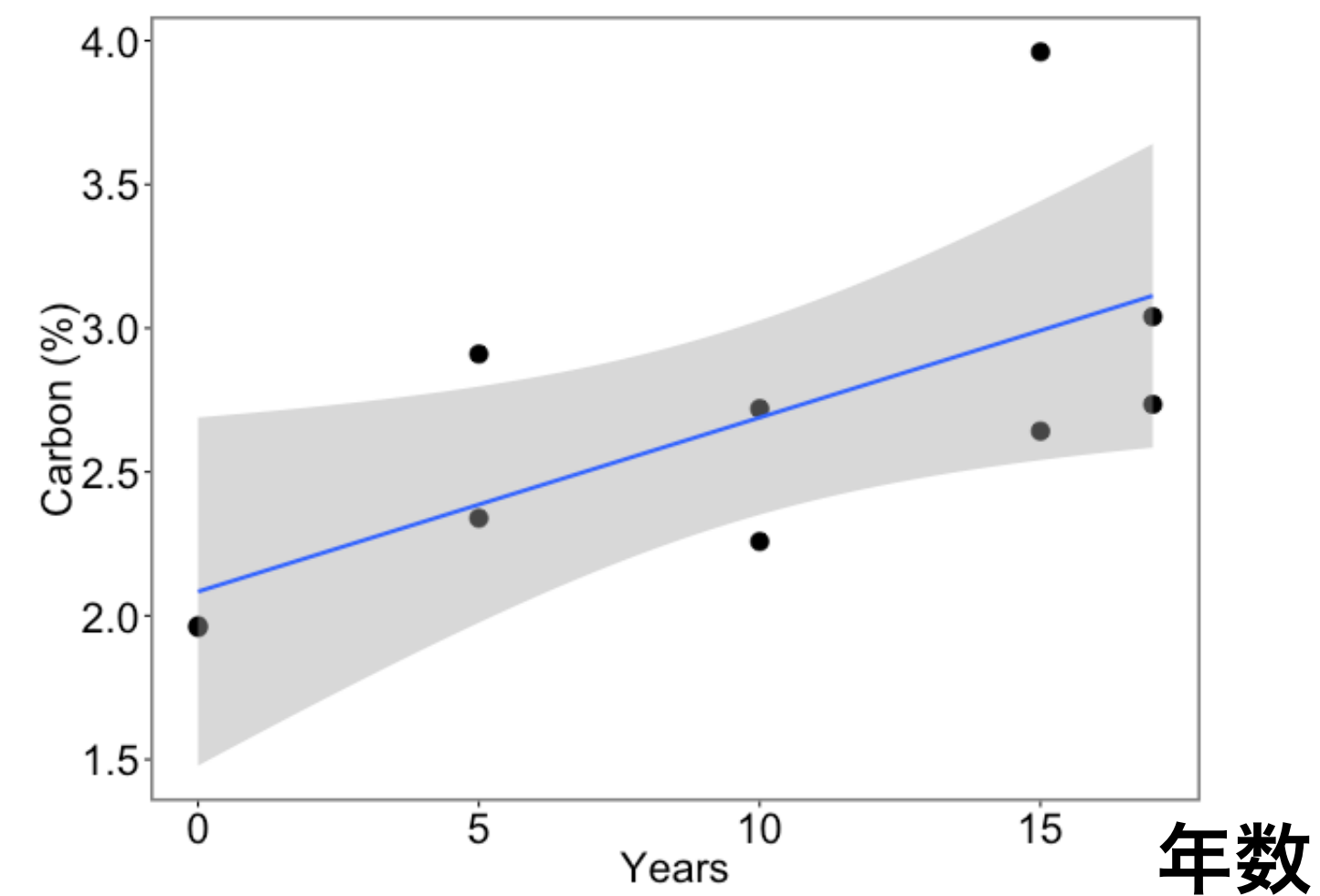


耕さなくても土が軽くなる

大型土壌動物多様性

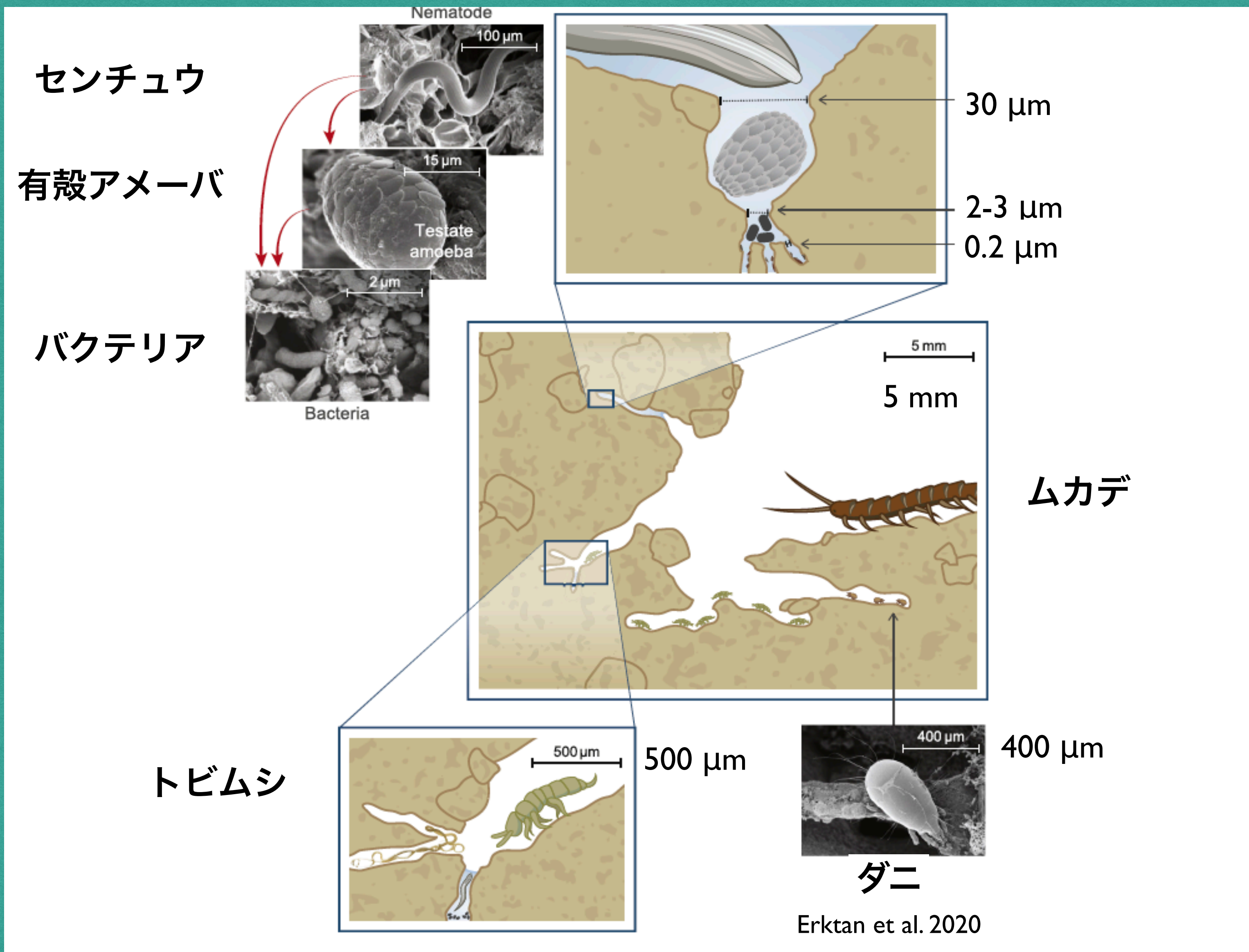


土壌炭素濃度 (%)



不耕起 + 草生栽培で、
土壌炭素が増加

複雑な土壌構造が土壌の高い生物多様性を実現



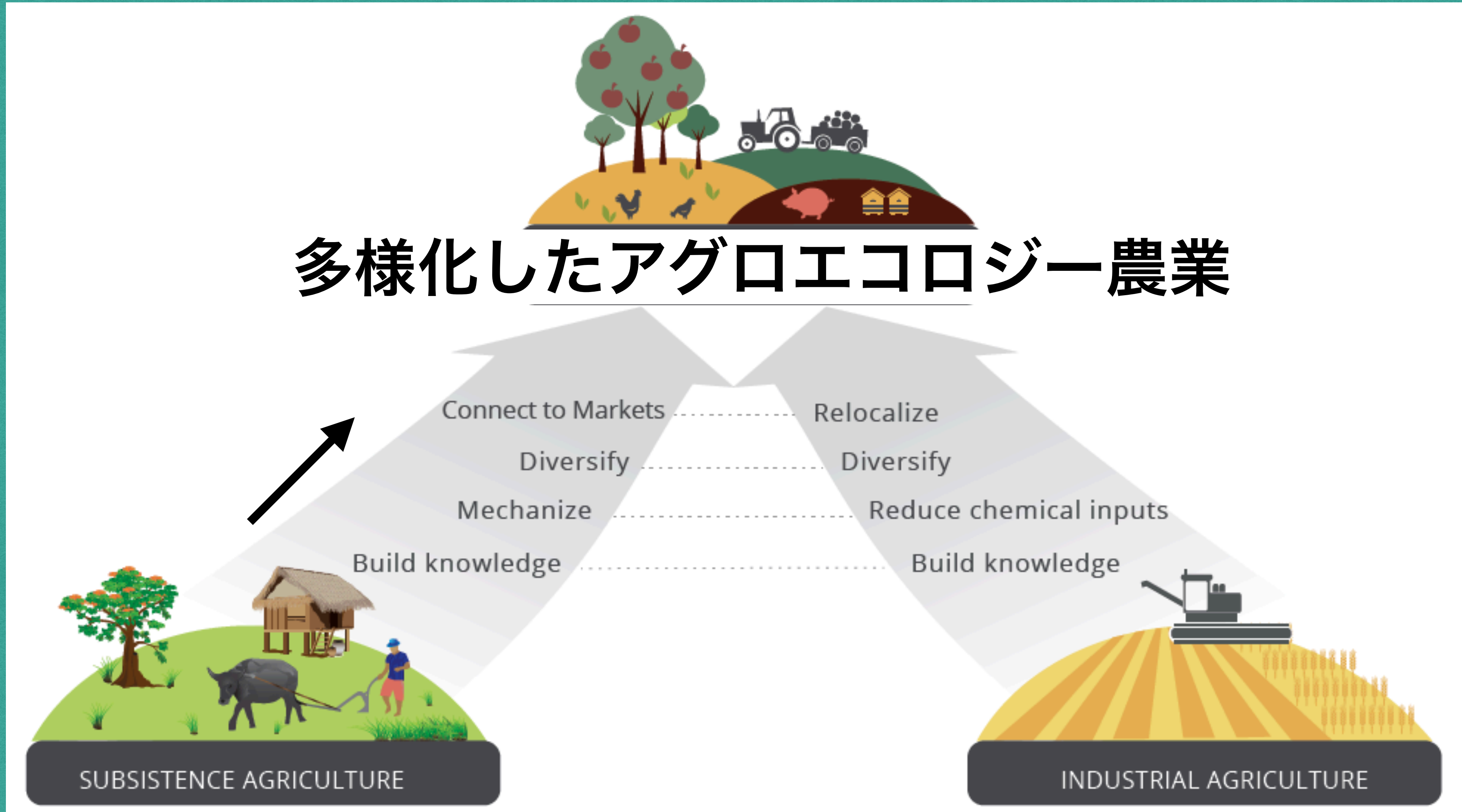
耕すと微細な土壌構造が破壊されて、土壌動物が棲めなくなる

私たちにできること

2つの農業システムの転換

iPES-Food 2016

多様化したアグロエコロジー農業



自給農家

工業的農業

保全的な農法と特徴的な管理

金子 (原図)

農法	農薬	化学肥料	除草剤	耕起	カバー クropp	有機物 マルチ	輪作・ 混作	遺伝子 組み換え
有機JAS	禁止	禁止	禁止	耕起				禁止
環境保全型農業	削減	削減	使用	耕起	推奨			
環境再生型農業 Regenerative Ag	使用	使用	使用	不耕起 省耕起	推奨	推奨		使用
保全農法 Conservation Ag	削減	削減	削減	不耕起 省耕起	必須	必須	必須	
環境再生型有機農業 Regenerative Organic Ag	禁止	禁止	禁止	不耕起 省耕起	必須	必須	必須	禁止
自然農	使用 しない	使用 しない	使用 しない	不耕起 省耕起	雑草利用	必須	必須	使用 しない

土壤生物は保全できない

カバークropp活用

耕うんをやめる

除草剤をやめる

農薬、化学肥料を
やめる

トップダウンの技術

場に応じた技術

耕さない栽培をやってみませんか？

2023年10月号



ライ麦マルチから芽を出した大豆

● ライムギの種まきから始める不耕起栽培入門

いっさい耕さずに作物を育てる「不耕起栽培」が、近年注目を集めています。

耕す労力が要らない、化学肥料やビニールマルチが要らない、野菜を作り続けても土が痩せないとあって、興味をお持ちの方は多いのではないのでしょうか。

そこで、不耕起栽培の実証・研究を続ける福島大学の金子信博先生に、この秋から始められるライムギを活用した方法を教えてもらいました。



ライ麦マルチから始める不耕起栽培



The crimper in the rye



ロダール研究所のジェフ・モイヤーさんが開発

- 秋にライ麦を蒔き、春に刈らずに倒す
- 倒す時期は乳熟期（実を潰すと汁がでる）
- 同じ方向に倒すこと
- その方向に播種機を走らせる
- 1平方メートルあたり乾燥重で1kgのライ麦が育てば抑草が可能

5月末に電動農機具の公開実験



ライ麦押し倒しと不耕起播種



ローラーコンディンパー

不耕起播種機

不耕起有機栽培の技術革新が進んでいる

クリンパーと不耕起播種機



ローラークリンパー



フットクリンパー



不耕起播種機

自然農法無の会（会津美里）



自作ローラークリンパー



トマト植え付け



不耕起大豆

2023年のソルガムの生育状況



耕さない農法は土壌の健康の回復に必要

- 不耕起・省耕起
- 有機物による地表面の保護
- 輪作・混作

- 耕うんは土壌微生物、土壌動物の生息数、多様性を大きく減少させる
- 裸地状態も土壌生物にとって大きなストレスを与える
- 植物が多様であると土壌生物も多様性が高くなる



土壌微生物だけでなく、土壌動物、そして根が多い土では、よい土壌構造が維持され植物に必要な生元素が循環する