

本邦水田土壌の地力窒素に対する玄米重の依存性

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	坂上, 行雄
巻/号	46巻7号
掲載ページ	p. 275-279
発行年月	1975年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



本邦水田土壌の地力窒素に対する玄米重の依存性

坂 上 行 雄*

はしがき

窒素欠除区の水田で水稲が吸収する窒素の給源はほとんどが地力窒素であって吸収された窒素の大部分は収穫期に糞に転移している。その意味で標準区の玄米重を100とする無窒素区の指数は水田における窒素肥沃度が、それぞれの環境下で生物に変形された数字としてみることができよう。ところで、わが国の都道府県農試水田における水稲の三要素試験で標準区の玄米重量を100とする無窒素区の指数は、二毛作田で平均して75になっている¹⁾。この数字は地力窒素に対する玄米重の依存度を示すものであって、この値が小さいほど施用窒素の玄米生産能率が高いことになる。さきに筆者は本邦水田における施用窒素の玄米生産能率をしらべ北海道、東北、北陸および長野地域では、それ以外の西南暖地に比べ全体として高い値を示すことを知った¹⁾。そこでさらに本邦水田のうち420地点で行われた水稲に対する肥料試験成績から標準区の玄米重量を100とする無窒素区の指数をしらべた結果、いずれの土壌型においても西南暖地の方が寒冷地のものより高い値を示すことを知った。このたび水田土壌の窒素肥沃度に関する諸問題を論ずるにあたり、筆者は地力窒素に対する玄米重の依存度について水稲栽培を考慮しながら述べることにした。

1. 本邦水田における窒素欠除区の玄米重量(指数)

さきに報告された施肥改善事業成績^{7,9)}の施肥標準試験のなかから標準区の玄米重を100とする無窒素区の指数をしらべ、寒冷地と西南暖地にわけて比べることにした。ここでいう寒冷地は北海道、東北、北陸および長野地域で、その根拠については既に報告した¹⁾。水稲生育型におけるこのような北と南の分類は、さきに石塚、田中らが水稲の生育、養分吸収から分類したものと、かなりよく類似している⁹⁾。こうして得られた無窒素区の収量指数は施肥改善事業に基く土壌類型区分ごとに明らかになったのであるが、これらの結果を図示するにあたり、つぎのような処理を行った。すなわち同一土壌型内

では粘土含量の大小が主要な基準になって類型区分されているので粘土含量の高い類型のものと、少ないものの類型間で玄米重量指数を比べ、これらの差について統計処理を行って見たが差異がみとめられなかった。このような傾向は北でも南でも同様であった。

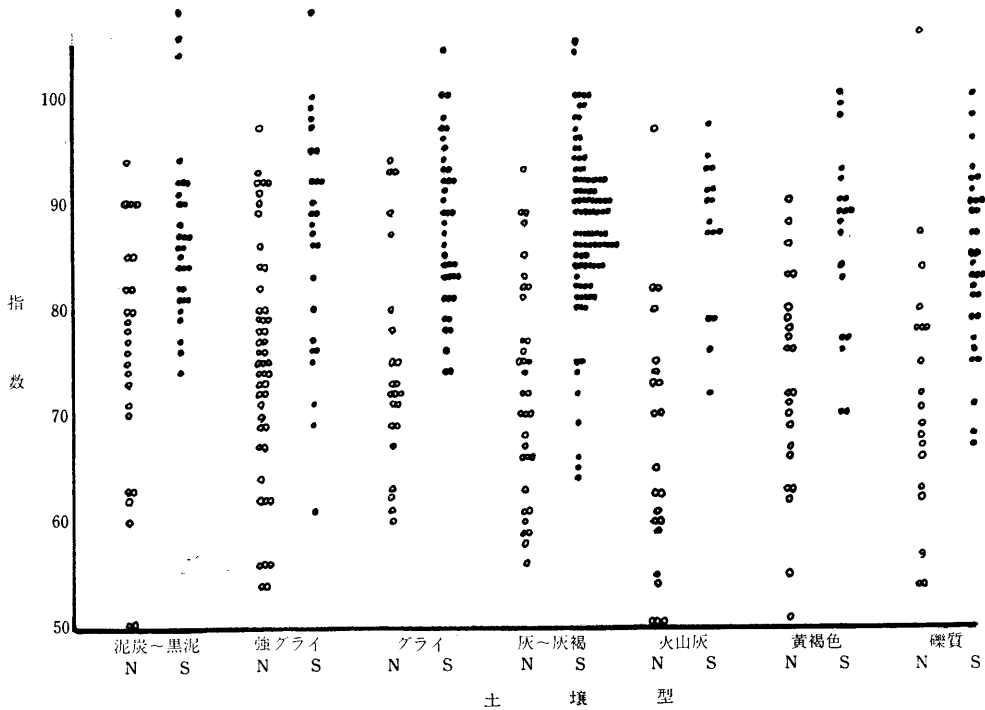
そこで第1図のように同一土壌型のもは類型区分しないまま表示した。この図でわかるように北は南に比べいずれの土壌型でも相対的に低い値を示している。南の場合、ときには100をこえるものがあった。そこでさらに、これらの関係を詳細に知るために同一土壌型について、北と南の指数を比べ両者の差の統計処理を行ったのが第1~2表である。これらの表で明らかなように、いずれの土壌型においても南のものは北のものより地力窒素に対する依存度が高いものと理解される。このことから北と南における水田土壌の地力窒素の無機化に関与する因子について、また水稲に対する施肥についてもいろいろと考えさせられる面は多い。筆者はまづ第一に北と南の地力窒素に対する水稲の依存度が違うならば実在する土壌の有機物含量はどうなっているかについてしらべることにした。水田に添加される有機物のC/Nは本来一定していない。しかし水田土壌に施された後、土壤微生物の介在で有機態窒素の無機化、あるいは無機態窒素の有機化などによる窒素の開放や、とりこみなどによってほぼ一定したC/Nを示すにいたる。また水田土壌の有機態窒素は形態のいかんによっては無機化の度合が著しく低いものもある。これらを考慮の上で水田土壌の窒素肥沃度の大小を示すものとして炭素含量の大小で代表させることにしたのである。第3表は施肥改善事業成績から得られたもので、わが国の水田土壌1883地点についてしらべた炭素含量である。

本表によれば本邦水田で泥炭~黒泥土壌と黒色火山灰土壌を除けば寒冷地は西南暖地より明らかに炭素含量が高い。泥炭~黒泥土壌、黒色火山灰土壌に含まれる有機物は自然植生や農業に由来するものの混合体であり、無機質水田土壌に含まれる有機物とは含量、分解性などの面でいささか趣を異にしていると解される。このような有機質水田を除く無機質水田土壌で、消耗と供給の差として土壌中に残された炭素含量は西南暖地より寒冷地の方が明らかに高いこと、南における地力窒素に対する水稲の依存度が北より高いことなどを考え合わせれば、わ

* 山口県農業試験場(山口市大字大内御堀)

昭和49年11月18日受理

日本土壌肥科学雑誌 第46巻 第7号 p.275~279 (1975)



第 1 図 本邦水田における無窒素区の玄米重 (指数)

第 1 表 本邦水田における窒素肥料無施用区の玄米量 (指数) その 1 1963 年まとめ

土 壤 型	平均値と標準偏差 (試験地点数)		平均値の差の t 検定
	北 日 本	南 日 本	
泥炭～黒泥土壤	66.91±8.11 (n=12)	86.77±14.51 (n=18)	t ₀ =5.2213** 1%=2.7633
強グライ土壌	74.12±4.70 (n=21)	86.50±6.80 (n=14)	t ₀ =4.4665** 1%=2.7272
グライ土壌	70.36±6.57 (n=11)	85.00±3.27 (n=25)	t ₀ =4.4095** 1%=2.7305
灰～灰褐色土壌	73.30±4.42 (n=13)	88.47±2.83 (n=36)	t ₀ =6.1026** 1%=2.6822
黒色火山灰土壌	69.00±3.446 (n=12)	83.777±2.479 (n=9)	t ₀ =3.4615** 1%=2.8665
黄褐色土壌	73.40±6.19 (n=4)	88.42±5.90 (n=13)	t ₀ =3.9825** 1%=2.8453
礫層～礫質土壌	62.22±8.47 (n=6)	84.41±5.24 (n=15)	t ₀ =3.5715** 1%=2.7969

第 2 表 本邦水田における窒素肥料無施用区の玄米重 (指数) その 2 1964 年まとめ

土 壤 類 型	平均値と標準偏差 (試験地点数)		平均値の差の t 検定
	北 日 本	南 日 本	
泥炭～黒泥土壤	81.07±3.66 (n=14)	89.50±6.84 (n=11)	t ₀ =2.1820* 1%=2.8073 5%=2.0687
強グライ土壌	74.44±4.27 (n=25)	87.00±8.41 (n=10)	t ₀ =2.2470* 5%=2.0360 1%=2.7350
グライ土壌	77.70±8.96 (n=10)	89.81±3.78 (n=11)	t ₀ =3.6183** 1%=2.8609
灰～灰褐色土壌	70.50±6.86 (n=14)	86.70±2.32 (n=54)	t ₀ =4.8056** 1%=2.6596
黒色火山灰土壌	69.00±7.58 (n=12)	83.77±5.71 (n=9)	t ₀ =3.4615** 1%=2.8605
黄褐色土壌	67.50±14.78 (n=4)	85.30±5.36 (n=13)	t ₀ =3.3865** 1%=2.9467
礫層および礫質土壌	72.16±10.89 (n=6)	83.66±5.10 (n=15)	t ₀ =2.3645* 5%=2.1664 1%=3.0123

第3表 本邦水田土壌の炭素含量

土 壤 類 型	平均値と標準偏差 (分析地点数)		平均値の 差の検定
	北 日 本	南 日 本	
泥炭～黒泥土壌	4.94±2.01 (n=47)	4.28±2.04 (n=31)	$t_0=0.9974$ 5%=1.9950
強グライ土壌	3.59±1.99 (n=94)	2.47±2.02 (n=43)	$t_0=4.6794^{**}$ 1%=2.5758
グライ土壌	3.19±2.03 (n=35)	2.29±2.01 (n=56)	$t_0=3.2973^{**}$ 1%=2.6450
灰～灰褐色土壌	3.20±1.98 (n=116)	2.17±1.96 (n=209)	$t_0=6.2939^{**}$ 1%=2.5756
黒色火山灰土壌	5.21±2.04 (n=32)	5.48±2.04 (n=30)	$t_0=0.3960$ 5%=2.0000
黄褐色土壌	4.64±2.02 (n=40)	2.17±2.00 (n=55)	$t_0=6.9623^{**}$ 1%=2.6400
礫層～礫質土壌	3.56±2.04 (n=33)	2.48±2.00 (n=62)	$t_0=2.9604^{**}$ 1%=2.6400

が国の西南暖地の水田では寒冷地以上に地力窒素を高める必要があろう。

2. 水田に対する生ワラ施用の役割

水田に対する有機物の補給に関する試験研究は材料、栽培法まで含めた施用方法など、いろいろの面から歴史的な経過で行われて来た。一方、農家が行う有機物の補給法は労働力、経済性、立地環境などに影響され、かなり制限された形である。現在、山口県下の水田では約50%が収穫後の生ワラを田面に散布している。前述のように西南暖地においては寒冷地以上に有機物の必要性が高く求められる上に続けられた化学農薬、化学肥料の施用による土壌本来の自然性の減退を回復するためにも生ワラの施用は、それ自体未解決の課題が残されているとしても有機物施用の今日的方の一つであろう。

生ワラ施用についてはすでに古くから数多くの試験研究⁴⁾が行われ、この方面での貢献は大きい。しかしこれらの試験はそのほとんどが生ワラ施用の時期と量に関するものであり水稲移植前のいろいろの時期に生ワラと肥料を併用する方法については試験例がみあたらない。筆者らは現在、生ワラ施用に関するこのような未解決の分野について研究中であるが、既に筆者らが山口県農業試験場内の水田で行った試験結果から生ワラ施用によって水稲の秋落対策に役立つと思われる成績が得られているのでその概要を述べることにしたい。

第4表 水稲に対する生ワラの効果

試験 区名	7/20		10/10						
	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	胡麻 数	わら 重	玄米 重	籾高 比
堆肥 80 kg/a	56	24	73	19	20	12.6	100	100	100
生ワラ 40 kg/a	55	21	74	18	19	8.3	121	115	107
生ワラ 80 kg/a	56	23	76	20	22	6.5	121	118	111

生ワラの試験は1966～1968年に行ったもので5～10cmに切断した生ワラを4月上旬、田面に散布後、耕起によって土壌と混和した。石灰窒素、PK化成を基肥に幼穂形成期にNK化成を追肥として施した。試験結果は第4表に示したとおりである。生ワラ施用区の水稲は堆肥区のものに比べ生育初期の葉色が、いくらかうすく窒素飢餓の症状がみられたが漸次回復した。成熟期における生ワラ施用区の稈長は堆肥加用区に比べ、いくらか高い傾向が、とくに80 kg/a区でみとめられた。そして注目すべきことは成熟期における止葉の胡麻数は生ワラ施用によって明らかに減少したことである。わら重、玄米重ともに堆肥区より大きく、しかも籾わら比も大きくなった。これらの結果を肉眼観察の結果と総合すると生ワラと石灰窒素併用によって供試水田の水稲は秋優り生育を示した。このような生育結果の原因は供試水田においても既に報告⁴⁾されているように、生ワラに施用された窒素が有機化と灌水後の再無機化によって生ワラによる窒素供給の調整が行われたのではなかろうか。ともあれ生ワラ施用によって施用窒素の玄米生産能率が高まったことは間違いない。供試水田のように塩基吸着能が低く作土の厚さがうすく30cm以下が砂礫層の乾田では施肥窒素のいわば貯蓄能力の大小が水稲生育ひいては玄米重の大小に影響するのであろう。供試水田で標準施肥のとき見られる水稲の生育型を、ある種のアムモニヤ障害²⁾であるとするならば、供試水田での生ワラ石灰窒素併用による水稲生育型の改変はアムモニヤ障害を回避するための一つの方策かも知れない。

3. 西南暖地における早期栽培水稲の地力窒素依存性

本邦水田において西南暖地の水稲は寒冷地に比べ地力窒素に対する依存度が高かった。この事実を違った角度からみれば西南暖地でも栽培時期を変えることによって地力窒素に対する水稲の依存度が低下する栽培試験例があるのでこれらについて述べたい。わが国の西南暖地である鹿児島¹⁰⁾、宮崎⁶⁾および山口¹²⁾の各県農業試験場水田は場で行われた栽培試験がある。水稲早期栽培は元来、西南暖地における二期作、登熟期における颱風の回避、

第5表 早期と普通期における無窒素区の玄米重量指数

試験地	早 期		普 通 期	
	移植日	指 数	移植日	指 数
鹿児島農試	4月25日	50	6月27日	73
宮崎農試	4月25日	65	6月28日	88
山口農試	5月6日	71	6月24日	83

秋落対策などを目的として行われたものである。この試験で標準区の玄米重を 100 とする無窒素区の指数を普通期のもとの比べたものを第5表に示した。この表から同一土壌類型の水田でも早期栽培を行えば普通期栽培の場合に比べ地力窒素に対する水稲の依存度が著しく低下しており、あたかもわが国の寒冷地と西南暖地における水稲の地力窒素に対する依存度の違いと類似の関係に見える。寒冷地と西南暖地の水稲栽培環境の違いで、まづ第一に上げられるものは生育期間における両者の温度の違いであろう。

第6表に本邦各地の水稲栽培期間の気温と生育期間を示した⁹⁾。本表によれば西南暖地の水稲移植期の温度は寒冷地における7月頃に相当し寒冷地における7月は水稲のほぼ幼穂形成期に相当する。そして登熟期における両者の温度はあまり変わらない。すなわち西南暖地と寒冷地における水稲は、ほぼ幼穂形成期までの温度で前者が後者より高い状態で推移しているが登熟期には後者の方が高い温度で推移している。この意味で西南暖地の水稲早期栽培と寒冷地における普通期栽培水稲の生育期間の温度環境で幼穂形成期頃までは類似の関係にあるといえよう。

さて水田土壌の地力窒素の発現は土壌微生物の介在で行われるのであって、わが国の寒冷地の水田では西南暖地に比べ幼穂形成期頃までの地力窒素発現量が低い値で推移するものとみてよい。西南暖地で早期栽培と普通期

第6表 本邦各地における稲作期間と気温

地域名	月					
	5	6	7	8	9	10
札幌	11.3 (中～下)	15.5	20.0	21.7	16.8	10.4 (上)
仙台	13.9 (中～下)	17.8	22.0	23.8	19.8	13.8 (上)
新潟	15.3 (中～下)	19.9	24.1	25.8	21.4 (上)	15.5
長野	14.9 (下)	19.4	23.6	24.6	19.9 (下)	13.2
名古屋	17.5	21.5 (中～下)	25.7	26.6	22.7	16.5 (上)
広島	17.1	21.0 (中～下)	25.4	26.6	22.7	16.7 (上～中)
鹿児島	19.0	22.6 (下)	26.8	27.1	24.4	18.9 (下)

() 移植期または収穫期

栽培の生育前期における地力窒素発現と、寒冷地と暖地の普通期における生育前期の地力窒素の発現とは、大体において類似の温度環境下で行われるとみてよろしかろう。また地力窒素発現には土壌温度が重要な影響因子であるが、土壌に対するいろいろの前処理とともに母材としての土壌粘土鉱物の種類によっても発現の速度に影響されるとする報告がある³⁾。東北地方で 2:1 型粘土鉱物の分布が多いとする報告¹³⁾は寒冷地における水稲の地力窒素依存度が西南暖地のものに比べ低いことの一つの原因になっているとみられる。ともあれ西南暖地における水稲早期栽培、さらには早期栽培は地力窒素依存度を低下させる方法として考慮してよろしかろう。

4. あとがき (問題点を中心に)

- わが国の寒冷地は西南暖地に比べ地力窒素に対する玄米重の依存度が、いずれの土壌型においても低い平均値を示した(統計的に有意)。平均して高い値を示した西南暖地でも低い数字があり、同様に寒冷地でも高い数字のものがあった。これをどう解釈するか。
- 水田に対する有機物補給の一つとして生ワラ施用は秋落対策にも役立ったが、このような効果が期待できる水田の条件はどうか。

山口県を例にとれば生ワラを年内に散布する場合も多い。水稲移植日よりかなり前に肥料を併用することによって省力と肥料効果を高める方法はないのか。一方、農業経営の面からみて、家畜の飼料として生ワラを使う考え方からみれば生ワラのは場還元と、いずれをとるべきか、問題になる地域があろう。

- 一般に生ワラには石灰窒素が併用されることが多い。3要素含んだ高度化成の併用ではうまくゆかないものか。
- 西南暖地において早期栽培あるいは早期栽培は地力窒素依存度を低下させる栽培法として、いわば植物的成り立ちはあると思う。裏作をとり入れた水田高度利用の立場からみれば大きな問題が残る。山口県内の田植期は、ひと頃より 10 日余り早まって6月上旬になっている。裏作を考慮するとこの程度の早まりさえ問題になる場合がある。
- 最後に、地力増強は生産力の基盤として農業を動かしているが地力増強は方法自体が営農方式に支配される面が多い。つまりは地力増強は農業を動かし、一方では農業自身にも動かされる性格を帯びているように思う。ただ地力窒素を根幹とする地力増強の方法は経営の形がどう変わろうとも科学的根基が常に技術のよりどころになることは間違いない。

文 献

- 1) 原田登五郎：水田土壌の地力窒素，p. 17，九大農学部農芸化学教室（1974）
- 2) 原田登五郎：水田土壌の地力窒素，p. 77-80，九大農学部農芸化学教室（1974）
- 3) 原田登五郎：水田土壌の有機態窒素の無機化とその機構に関する研究，農技研報告，**B 9**，171-173（1959）
- 4) たとへば橋本重久：水田における素糞の施用とその効果，農業技術，**13**，175-176（1958）
- 5) 石塚喜明，田中 明：水稻の生育経過に関する研究，第1報，土肥誌，**23**，23（1952）
- 6) 川嶋次夫：暖地における水稻秋落防止に関する研究，宮崎農試，研究報告第1号，53（1962）
- 7) 農林水産技術会議：施肥改善事業成績（1963）
- 8) 農林水産技術会議：施肥改善事業成績（1964）
- 9) 農林経済局統計情報部：作物統計，**16**，p. 224-225，108-109（1973）
- 10) 小畑秀雄：水稻二期作栽培における養分吸収に関する研究，鹿児島農試報告，p. 53（1961）
- 11) 坂上行雄：本邦水田土壌窒素の消化率，農及園，**5**，27-30（1960）
- 12) 坂上行雄，佐々木恭輔：水稻早期栽培と普通期栽培における窒素の効果，山口農試特別報告，**14**，107-110（1963）
- 13) 須藤俊男：粘土鉱物，p. 180，岩波書店（1953）