

水田土壌の窒素供給力からみた耕深の判定法

住田 弘一・野副 卓人・大山 信雄

(東北農業試験場)

A System for Decision of Tillage Depth Based on the Nitrogen Supplying Capacity of Paddy Soils

Hirokazu SUMIDA, Takuhito NOZOE and Nobuo OHYAMA

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

水田の耕深は、本来水稻の生育が健全に保たれるように設定されるべきであるが、最近では農作業の効率性から浅耕化がみられ、これが収量の不安定化の要因の一つとして指摘される地帯がある。

ところで、水稻の収量は窒素吸収量と密接な関係にあり、通常その窒素吸収量の60%以上は土壌窒素に依存している。そこで、水稻の生育、収量の確保に望ましい耕深は土壌の窒素供給力によって判定されるとして水田の適耕深判定システムを考案した。

2 適耕深判定システムの概要

このシステムは、各生育段階において、通常の施肥条件下における施肥窒素供給量と従前の作土及び下層土の各々の窒素供給量(設定しようとする耕深が従前の作土深より浅い場合は作土の窒素供給量のみが考慮される)の和が水稻の期待窒素吸収量を満足させる耕深を探ろうとするものである。

まず、従前の作土及び下層土はそれぞれ均質であると仮定した。各生育段階の土壌窒素供給量は、杉原らの方法²⁾によって求められる土壌窒素無機化パラメータ及び水稻作付期間中の地温の推移から予測される土壌窒素供給パターンから、設定しようとする耕深における土壌量の加重平均によって算出した。したがって、水稻への土壌窒素の供給は新しい耕深における耕土(作土)のみとし、それよりも下層からの土壌窒素の供給はここでは考慮しなかった。土壌窒素無機化パラメータを求めるための土壌は、当年春の厩肥施用前(当年施用の厩肥の効果は別途考慮する)に採土し、湿潤土を試験管で湛水培養した(15, 20, 25, 30℃の4段階、窒素肥料は無添加)。藤井ら¹⁾によれば、下層土への作土の微生物の添加によっても下層土のみに比較してアンモニア態窒素の生成量は変化しないことから、従前の作土と下層土との混和により、それぞれの土壌窒素供給パターンの変化はないとした。

適耕深判定システムは図1に示すような流れにしたがって耕深を決定するものとした。まず、水稻作付期間中の地温データ(5cm深)及び水稻の代表的な生育ステージの暦日を入力し、各生育ステージに対応した窒素施肥体系を入力

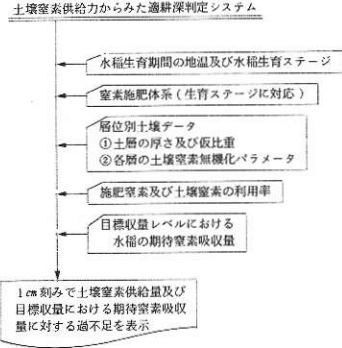


図1 耕深判定の手順

した。次に、土壌窒素供給量を支配する層別土壌データ(従前の作土深、作土と下層土の仮比重及び土壌窒素無機化パラメータ)を入力した。乾土効果が期待される場合、その発現が最初の目標生育ステージまで(ここでは分けつ後期)として、土壌窒素無機化パラメータの定数(C)に乾土効果による土壌窒素発現量を考慮した。さて、次には施肥窒素及び土壌窒素の水稻による利用率を入力したが、これまで数多くの試験結果(窒素無施用区による差引法や重窒素利用法)を勘案して次のような仮定値とした。施肥窒素の利用率は、基肥(全層施肥あるいは植代施肥)は40%、追肥(表層施肥)のうちつなぎ肥は50%、穂肥及び実肥は60%とした。土壌窒素の利用率は分けつ期までは60%、幼穂形成期までは70%、それ以降は80%とした。最後に目標収量水準における各生育ステージごとの水稻の期待窒素吸収量を入力した。ここでは、場内試験(600, 700 kg/10a水準)及び東北地方の昭和50年代における多収事例(800 kg/10a水準)から引用した。

以上のデータを基に耕深を1cm刻みで変化させながら土壌窒素供給量(土壌窒素発現量に利用率を考慮)及び、目

表1 供試水田の性質

供試水田	作土の厚さ(cm)	仮比重(g/c.c)	無窒素区(kg/10a)	
			収量	N吸収量
A水田	14	0.90	500	9~10
B水田	12	1.05	300	5
下層土		1.20		

表2 供試土壌の窒素無機化パラメータ

供試水田	モデル	N (Nmg/100g)	K(25°C) (/day)	Ea (cal/mol)
A水田作土	単純	17.4	0.0086	17,500
下層土	単純	8.0	0.0038	18,000
B水田作土	並行	13.6	0.0091	18,700
		-4.0	0.025	14,900
下層土	単純	4.0	0.0038	18,000

注. 単純: $N = N_0(1 - \exp(-k \cdot t))$
 並行: $N = N_{01}(1 - \exp(-k_1 \cdot t)) + N_{02}(1 - \exp(-k_2 \cdot t))$
 $k = A \cdot \exp(-E_a/R/T)$ $ts = t_a \cdot \exp(E_a(T_a - T_s)/R/T_a/T_s)$

標収量水準における水稻の期待窒素吸収量に対する施肥窒素と土壌窒素供給量(利用率を考慮)の合量の過不足を表示した(表3)。したがって、-から+に転ずる耕深が期待窒素吸収量に合致する耕深であり、これを適耕深と判定した。

表3 耕深判定の出力結果(A水田)

(kg/10a)

目標収量水準 期待窒素吸収量		600 kg				700 kg						
耕深 (cm)	分けつ	土壌窒素供給量 幼形	出穂	成熟	期待値-(土壌+施肥) 幼形	出穂	成熟	期待値-(土壌+施肥) 幼形	出穂	成熟		
8	2.02	3.80	4.13	5.80	+0.62	-0.40	-1.67	-1.30	-0.38	-1.60	-2.47	-2.90
9	2.22	3.10	4.59	6.48	+0.82	-0.10	-1.21	-0.62	-0.18	-1.30	-2.01	-2.22
10	2.42	3.40	5.06	7.15	+1.02	+0.20	-0.74	+0.05	+0.02	-1.00	-1.54	-1.55
11	2.62	3.70	5.52	7.82	+1.22	+0.50	-0.28	+0.72	+0.22	-0.70	-1.08	-0.88
12	2.82	3.99	5.98	8.49	+1.42	+0.79	+0.18	+1.39	+0.42	-0.41	-0.62	-0.21
13	3.02	4.29	6.45	9.17	+1.62	+1.09	+0.65	+2.07	+0.62	-0.11	-0.15	+0.47
14	3.22	4.59	6.91	9.84	+1.82	+1.39	+1.11	+2.74	+0.82	+0.19	+0.31	+1.14
15	3.28	4.68	7.06	10.07	+1.88	+1.48	+1.26	+2.97	+0.88	+0.28	+0.46	+1.37
16	3.34	4.77	7.21	10.30	+1.94	+1.57	+1.41	+3.20	+0.94	+0.37	+0.61	+1.60
17	3.39	4.86	7.35	10.54	+1.99	+1.66	+1.55	+3.44	+0.99	+0.46	+0.75	+1.84
18	3.45	4.94	7.50	10.77	+2.05	+1.74	+1.70	+3.67	+1.05	+0.54	+0.90	+2.07

注. 窒素施肥体系 4.0 + 1.0 + 3.0 + 0.0

A水田における耕深の判定の出力結果を表3に示した。窒素施肥体系4.0 + 1.0 + 3.0 + 0.0 kg/10aで700 kg/10aの収量を目標とする場合、例えば耕深12cmでは分けつ後期までに0.42 kg/10aの窒素が余剰となるが(この余剰分は分けつ後期以降に利用されるとした)、次の幼穂形成期までには0.41 kg/10aの窒素が不足することを示した。したがってこの適耕深判定システムから700 kg/10aの収量水準を得るための耕深は14cmが適当と判定された。この試算における窒素施肥体系と実際とを比較すると、試算ではつなぎ肥及び穂肥でそれぞれ1.0 kg/10a多くなった。しかし、実際には厩肥を3.6 t/10a施用しているのでこの窒素供給量を考慮する必要がある。栽培試験結果から、当年施用された厩肥中の窒素(0.4%)の水稻による利用率はおよそ15%であるので、窒素供給量は2.16 kg/10aになる。これを施肥窒素に換算すると、0.0+1.0+1.0+1.5 kg/10aの体系(分けつ期までは窒素の取り込みを考慮して供給量はないものとし、利用率を考慮した一作期間の窒素供給量は2.00 kg/10aとなる)にはほぼ一致する。したがって、実際の厩肥・窒素施肥体系、耕深及び収量水準が試算

3 適耕深判定システムの適用例

厩肥3.6 t/10aを14年間連用した高肥沃度の水田(A)と長期間にわたり有機物を施用していない極めて肥沃度の低い水田(B)の2種類を供試した。A水田の窒素施肥体系(基肥+つなぎ肥+穂肥+実肥)は4 + 0 + 2 + 0で、過去数年の収量は710 ± 30 kg/10aであった。一方、B水田の窒素施肥体系は6 + 4 + 6 + 0で穂肥は2回に分施した。その収量は680 ± 50 kg/10aでA水田に比べて変動が大きいが、これは施肥依存度が高いためと推定される。窒素無施用栽培での収量及び窒素吸収量は表1に示した。供試した水田土壌の窒素無機化パラメータは表2に示したが、乾土効果による土壌窒素発現量は定数(C)として与え、両水田作土とも0.7 mg/100g(土壌量及び利用率を考慮した土壌窒素供給量は約0.5 kg/10a)とした。

結果とほぼ一致し、この土壌窒素供給力からみた適耕深判定システムの有用性が示された。なお、600 kg/10a水準では同様の施肥設計では耕深12cmで十分であると判定された。

またB水田では、窒素施肥体系7.2 + 3.8 + 4.6 + 0.4 kg/10a、耕深13cmで700 kg/10aの収量水準が確保されるという試算結果は、実際の場合とほぼ一致した(データ省略)。成熟期における余剰窒素は土壌窒素が残存しているものとして計算すれば、水稻の総窒素吸収量のうち土壌窒素に依存する割合は高肥沃度のA水田では69%、肥沃度の極めて低いB水田では38%となった。

引用文献

- 1) 藤井弘志, 荒垣憲一, 佐藤俊夫, 渡部幸一郎, 芳賀静雄, 錦斗美夫, 長谷川願. 1987. 稲の生育と深耕-下層土の肥沃性の影響について-. 農及園 62: 949-954.
- 2) 杉原 進, 金野隆光, 石井和夫. 1986. 土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研報 1: 127-166.