

寒地水稻における移植後の気温と表層施肥 効果の発現との関係*

坂本 宣崇** 古山 芳広** 岩淵 晴郎***

寒地稲作において、基肥窒素の施与法は全層施肥と表層施肥との組合せが指導されており、耐冷安定技術として評価されているが、一部の透水性良好田で年次により表層施肥の効果に変動が見られる。この原因解明の一助として、移植後の気温と表層施肥の初期生育促進効果との関係を検討した。この結果、移植後の気温が高い場合は表層施肥により初期生育が促進され、低い場合はその効果が小さいことが判明した。この限界気温は移植後15日間の平均気温で表わすと、14°C付近であった。この原因は、表層(0~5cm深)の無機態窒素濃度、地温及び根の分布等から、水稻が表層に施用された窒素を有効に吸収しうる好適な期間は移植後15日間にほぼ限られているためであり、この期間の温度が高い場合、水稻は表層から養分を盛んに吸収し、生育が促進する。しかし、気温が低い場合、活着及び養分吸収が停滞し、この間に表層から施肥窒素が消失するために、表層施肥効果は発現しない。

緒 言

水稻に対する基肥窒素の施与法は、脱窒現象の解明以来、全層施肥が基本となっている。しかし、全層施肥は窒素の施肥効率が低いという利点があるものの、表層施肥に比較し、分けつ期の生育が劣り、幼穂形成期から止葉期の窒素供給が高いために総収数が多く、低温年においては登熟遅延に陥り易い。西潟ら¹⁾は透水性の良い琴似沖積田において、基肥の窒素・磷酸の一部を表層に、大部分を全層に施与することの組合せにより、初期生育を促進させるとともに、施肥効率もあまり低下させず、収量的にも全層施肥を上廻る結果を得た。この方法は泥炭地水田でも好結果が得られた²⁾ことにより、寒地稲作の基本技術として普及されてきた。また、この方法は、活着直後の根圏の窒素及び磷酸の濃度を高めることを通じて苗の

養分吸収を促進させる技術であり、低温下では両要素の吸収低下が大きいという作物栄養学の知見^{3,16)}、あるいは施肥磷酸が土壤中で殆ど移動しないという養分動態からも、合理性がある。このためか、表層施肥技術自体に関する土壤肥料的研究は1960年代後半から跡絶えている。最近になって、同技術は穂揃性の良化を促すことが再着目され¹¹⁾、良質米生産の推進の立場からも推奨されている実態があり³⁾、研究を深化する必要がある。

筆者らは既往の報告を検討した結果、透水性良好田では表層施肥が期待どおりの効果を発揮しない場合があり⁹⁾、この原因として移植後の温度環境が関与していることが推察された。

以上のことから、本報告では表層施肥効果の発現の出発点である初期生育について、移植後の気温との関係を検討した。

試験方法

1. 試験区の構成

試験は1982年、1983年の2ヶ年間について、上川農試水田(暗色表層褐色低地土、減水深20mm/日)において、1.1m×1.2mの無底の木製枠を埋設して行った。移植は活着期から分けつ期の温度

1985年7月9日

* 本報告の一部は1983年度日本土壤肥料学会北海道支部大会で発表した。

** 北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市永山

*** 北海道立上川農業試験場(現、北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町)

* 日最高最低平均気温

** 9時地温

月中旬から一貫して低温で終始し、移植後1～15日間は同順に11.2°C, 13.4°C, 及び12.5°C, 移植後16～30日間は12.1°C, 12.7°C 及び14.6°C と異常に低く推移した。

地温は概括すると、表層施肥部位である3 cm 深及び5 cm 深では気温より3～5°C 高く推移し、また、作土の深さ別に比較すると、移植後1～15日間では表層(3 cm 深及び5 cm 深)が下層(10cm深)より0.5～3.0°C高いものの、移植後16～30日間では、その差が0.1～1.4°Cに縮少した。

2. 表層施肥が初期生育並びに養分含有率に及ぼす影響

生育量：1982年において、早植区では移植後30日まで乾物重・茎数はともに全層施肥区と表層施肥区間に差がなかったが、幼穂形成期では全層施肥区が明らかに高かった(表2)。標準植区では移植後15日の乾物重、茎数はともに表層施肥区が高く、移植後30日の乾物重に差がないものの、茎数は表層施肥区が多く、幼穂形成期の乾物重・茎数は全層施肥区が僅かながら高かった。晩植区では移植後30日まで乾物重・茎数とも表層施肥区が高く、幼穂形成期では乾物重は全層施肥区が僅かに

表 4 保温処理が活着期*の生育に及ぼす影響

試験年	保温処理	活着期間の 平均気温(℃)	施肥処理	草 丈 (cm)	葉 令	発 根 数 (本/個体)	平均根長 (cm)
1982	対 照	10.2	全層施肥	9.4	3.2	2.9	0.4
			表層施肥	9.3	3.2	3.1	0.4
	保 温	15.2	全層施肥	10.9	3.7	6.1	3.0
			表層施肥	11.1	3.7	5.9	2.7
1983	対 照	9.6	全層施肥	12.1	3.5	2.4	0.6
			表層施肥	11.8	3.4	2.4	0.6
	保 温	13.7	全層施肥	13.4	3.6	5.0	2.3
			表層施肥	13.8	3.9	5.3	2.8

*移植後7日目

注) 苗の形質：1982年：草丈8.5cm，葉令2.9，1983年：草丈11.8cm，葉令3.2

の上昇4～5℃)を移植後15日間実施し、以後トンネルを外した。移植後7日目における活着調査によると、この時点では全層施肥と表層施肥の差異は認められなかった(表4)。つぎに、保温効果をみると、草丈、葉令、発根数及び平均根長のいずれの形質も保温区が対照区より明らかに高かった。また、活着の指標として、移植時からの葉令の増加量が0.2～0.5に達した状態とされているが、保温区では移植後7日目には葉令が0.6～0.9増し、完全に活着したが、対照区では0.3に止まり、活着が遅れた。根の伸長は保温区において個体当

りの発根数がおよそ6本、平均根長が2.7cmであり、この時点で既に表層施肥により養分が高められた土層内に十分伸長していたが、対照区ではそれぞれ3本、0.5cmであり、養水分を十分に吸収しうる状態ではなかった。

移植後15日に至ると、乾物重、茎数及び窒素含有率はいずれも表層施肥区が全層施肥区よりも著しく高く、保温処理の終了後15日間を経過した移植後30日においても、表層施肥区の生育量は全層施肥区のそれよりも高かった(表5)。また、早植区における保温処理と表層施肥効果(表層施肥区／

表 5 早植保温処理の初期生育

試験年	施肥処理	移植後15日			移植後30日		
		乾物重 (mg/株)	茎 数 (本/株)	茎葉のN 含有率%	乾物重 (mg/株)	茎 数 (本/株)	茎葉のN 含有率%
1982	全層施肥	236	4.0	3.65	1.47	18.2	3.80
	表層施肥	266	6.4	4.05	1.55	19.7	3.85
1983	全層施肥	196	4.0	3.49	0.38	9.8	4.84
	表層施肥	301	8.1	4.46	0.53	14.1	4.48

表 6 早植区における保温処理が表層施肥効果に及ぼす影響

試験年	保温処理	平均気温(℃)		表 層 施 肥 効 果*			
		移 植 後 1～15日	移 植 後 16～30日	移 植 後 15 日		移 植 後 30 日	
				乾物重	茎 数	乾物重	茎 数
1982	対 照	11.8	14.7	100	99	99	99
	保 温	15.5	14.7	113	160	106	108
1983	対 照	11.2	12.1	99	100	100	100
	保 温	16.5	12.1	153	203	141	143
平均	対 照	11.5	13.4	100	100	100	100
	保 温	16.0	13.4	133	182	124	126

* 表層施肥効果：(表層施肥区/全層施肥区)×100

全層施肥区×100) の関係を見ると (表 6), 対照区では乾物重及び茎数に表層施肥効果が認められなかったが, 保温区では乾物重及び茎数の 2 ヶ年の平均で移植後 15 日において, それぞれ 133, 182, 移植後 30 日において, それぞれ 124, 126 であった。つまり, 保温区においては表層施肥効果が顕著に発現したのである。

考 察

水稻栽培環境としては寒冷である北海道では, 生育期間の確保が重要な問題である。ビニールハウスによる保温育苗法の開発は早期播種を可能にし, この結果, 移植時期は苗の活着限界の平均気温である 12°C ¹⁴⁾ 付近に上昇する時期にまで早められた。

水稻への基肥窒素の施用法は脱窒を回避するため, 昭和 17 年頃からそれまでの基肥全量の表層施肥から全層施肥法に改良られ¹⁰⁾, 施肥窒素の利用率が向上したものの, 初期生育は表層施肥した場合よりも低下した。この解決のため, 西潟ら¹³⁾ は全層施肥量の一部を表層に施与する方法を開発し, 初期生育を旺盛化し, 全層施肥にまさる収量を得た。この表層施肥効果の発現機作については以下のことが考えられる。すなわち, (1) 作物生育に対して leading elements である窒素及び燐酸はいずれも代謝的に吸収される要素であり, 低温による吸収低下が著しい^{9, 16)}, (2) 移植直後の作土内の地温は表層 (0~5 cm 深) が下層 (10cm 深) より約 2°C 高い, (3) 活着間もない時期の根の分布は表層に限られる, (4) 燐酸は土壤中で殆ど移動しないので, 作物に吸収されるためには根の直近に存在しなければならない。などである。これらの知見は表層施肥すなわち移植直後に窒素・燐酸の吸収促進を計ることが, 寒地稲作において高い合理性を有することを示唆するものである。しかし, 透水性良好田では年次により表層施肥の効果が発現しない場合がある。この原因を知るために, 既往の報告^{5, 13)} を検討すると, ある種の法則性, すなわち, 移植後の気温が高い場合には初期生育の促進及び収量の向上が認められ, 低い場合には初期生育並びに収量も高まらないことが読み取れた。そこで, この現象の再現と原因の解明を試みた。すなわち, 透水性を確保しつつ, 移植後の気温が異なる条件を設定するために, 圃場において 5 月中旬~6 月

上旬の 3 時期に移植し, 全層施肥区と表層施肥区について初期生育を比較した。

実験結果を要約すると, 移植後 15 日における表層施肥効果 (表層施肥区/全層施肥区×100) は茎葉の窒素含有率に対して明らかにプラスの効果, 茎数及び乾物重が僅かにプラスの効果であった (図 2)。しかし, 移植後 30 日では, 茎葉の窒素含

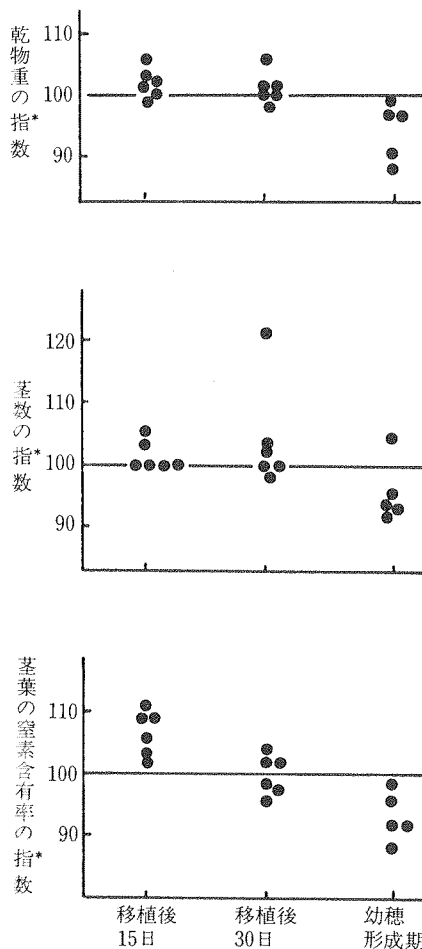


図 2 茎葉の窒素含有率及び茎数に対する表層施肥効果

* (表層施肥区/全層施肥区)×100

有率が高まる場合と, 逆に低下する場合があり, これに対応して茎数及び乾物重も増減した。一方幼穂形成期に至るといずれの形質ともマイナスの効果となった。このように, 表層施肥効果は生育ステージの進行とともに変化するから, 何時, どの形質をとりあげるかによって表層施肥技術への

表2 茎葉の乾物重及び茎数の推移

項 目	試験年	移植時期	移植後15日		移植後30日		幼穂形成期	
			全層施肥	表層施肥	全層施肥	表層施肥	全層施肥	表層施肥
茎葉の 乾物重 (g/株)	1982	早 植	0.122	0.121	1.17	1.16	11.1	9.8
		標準植	0.162	0.170	1.29	1.29	10.2	9.9
		晩 植	0.354	0.366	1.80	1.90	7.6	7.5
	1983	早 植	0.121	0.120	0.22	0.22	3.9	3.4
		標準植	0.202	0.203	0.85	0.87	9.8	9.7
		晩 植	0.199	0.202	1.69	1.72	—	—
	平 均		0.193	0.197	1.17	1.19	8.5	8.0
茎 数 (本/株)	1982	早 植	4.0	4.0	14.8	14.6	31.5	28.5
		標準植	4.3	5.3	18.8	19.6	32.7	31.2
		晩 植	7.1	8.8	21.5	26.5	28.2	29.7
	1983	早 植	4.0	4.0	5.0	5.0	27.0	25.0
		標準植	4.0	4.0	14.5	14.5	43.2	39.0
		晩 植	4.0	4.0	16.0	16.4	—	—
	平 均		4.6	5.0	15.1	16.1	32.5	30.7

高く、茎数は表層施肥区が多かった。

1983年は5月中旬から6月中旬までが11℃～12℃で推移し、水稻の生育は著しく停滞した。このため、移植時期の早晩を設定することによって、移植後の温度環境に差を生じさせる目的が達成されず、いずれの移植時期においても、移植後30日まで生育状況には処理間差が認められなかった。その後の幼穂形成期では早植区、標準植区の乾物重・茎数はともに全層施肥区が表層施肥区より高かった。

茎葉の $N \cdot P_2O_5$ 含有率：1982年、1983年を通覧すると、窒素は移植後15日では表層施肥区 $3.90 \pm 0.33\%$ （2ヶ年・3移植区の平均±標準偏差）が全層施肥区 $3.67 \pm 0.26\%$ より高く、また、移植後の気温が高い程両区の差が大きかった（表3）。移植後30日では全層施肥区 $4.22 \pm 0.24\%$ と表層施肥区 $4.20 \pm 0.19\%$ との施肥位置による差は殆ど認められなくなった。幼穂形成期に至ると、全層施肥区 $2.94 \pm 0.49\%$ が表層施肥区 $2.75 \pm 0.49\%$ より高くなった。

表3 茎葉の窒素・磷酸含有率の推移

成 分	試験年	移植時期	移植後15日		移植後30日		幼穂形成期	
			全層施肥	表層施肥	全層施肥	表層施肥	全層施肥	表層施肥
N (%)	1982	早 植	3.41	3.48	4.33	4.19	2.40	2.12
		標準植	4.00	4.33	4.16	4.33	2.48	2.27
		晩 植	4.05	4.36	3.74	3.81	2.81	2.79
	1983	早 植	3.55	3.78	4.17	4.27	3.50	3.31
		標準植	3.63	3.73	4.40	4.30	3.53	3.26
		晩 植	3.40	3.73	4.49	4.35	—	—
	平 均		3.67	3.90	4.22	4.20	2.94	2.75
P_2O_5 (%)	1982	早 植	0.77	0.81	0.93	0.99	0.90	0.92
		標準植	0.92	1.00	0.98	1.01	0.88	0.98
		晩 植	0.77	0.88	0.86	0.89	0.93	0.98
	1983	早 植	1.21	1.28	0.96	0.95	0.91	0.93
		標準植	0.57	0.64	0.93	0.95	1.03	1.00
		晩 植	0.74	0.75	1.02	1.02	—	—
	平 均		0.83	0.89	0.96	0.97	0.93	0.94

以上のように、茎葉の窒素含有率は移植後15日頃までは作土表層の施肥窒素濃度を反映して、表層施肥区が高かった。しかし、移植後30日を過ぎると、次第にこの差が縮少し、幼穂形成期には全層施肥区と表層施肥区との関係は逆転した。

一方、茎葉の磷酸含有率は移植後15日において、表層施肥区が全層施肥区より高い傾向にあるが、全般に磷酸含有率は高い値を示し、全処理区の最低値で P_2O_5 0.86%, 平均値で0.97%であった。これは分けつの増加に対する下限値とされる0.6~0.7%¹⁴⁾に比較してかなり高い値であり、従って、本結果は磷酸が十分な条件での、窒素に対する水稻の生育反応を検討したことになる。

3. 表層施肥窒素の消長

作土の NH_4-N は、移植後の気温が高い1982年においては1983年よりもや、早く減少したが、 NH_4-N の減少するパターンは両年とも同じであった。また、移植時期間の差異も小さかった(図1)。そこで、全層施肥区と表層施肥区について、

それぞれ2ヶ年・3移植時期の平均($n=6$)について述べることにした。まず、全層施肥区では、移植時の作土(0~12cm深):乾土100g当り(以下省略)10.5mg, 移植後15日の作土表層(0~5cm深):6.0mg, 作土下層(5~12cm深):10.5mg, 移植後30日ではそれぞれ3.0mg, 6.7mg, 幼穂形成期では1.0mg, 1.3mgであった。表層施肥区では、移植時の作土表層:20.9mg, 作土下層:6.5mg, 移植後15日ではそれぞれ7.7mg・6.1mg, 幼穂形成期ではそれぞれ0.9mg・0.8mgであった。

つまり、表層施肥区の作土表層における NH_4-N 濃度が全層施肥区のそれより著しく高い期間(移植後15日頃まで)であり、これ以降は両区の濃度差は小さかった。一方、作土下層の NH_4-N 濃度は全層施肥区が一貫して高く推移した。

4. 保温処理が初期生育に及ぼす影響

移植後の気温が最も低いと想定される早植区について、ビニールトンネルによる保温処理(温度

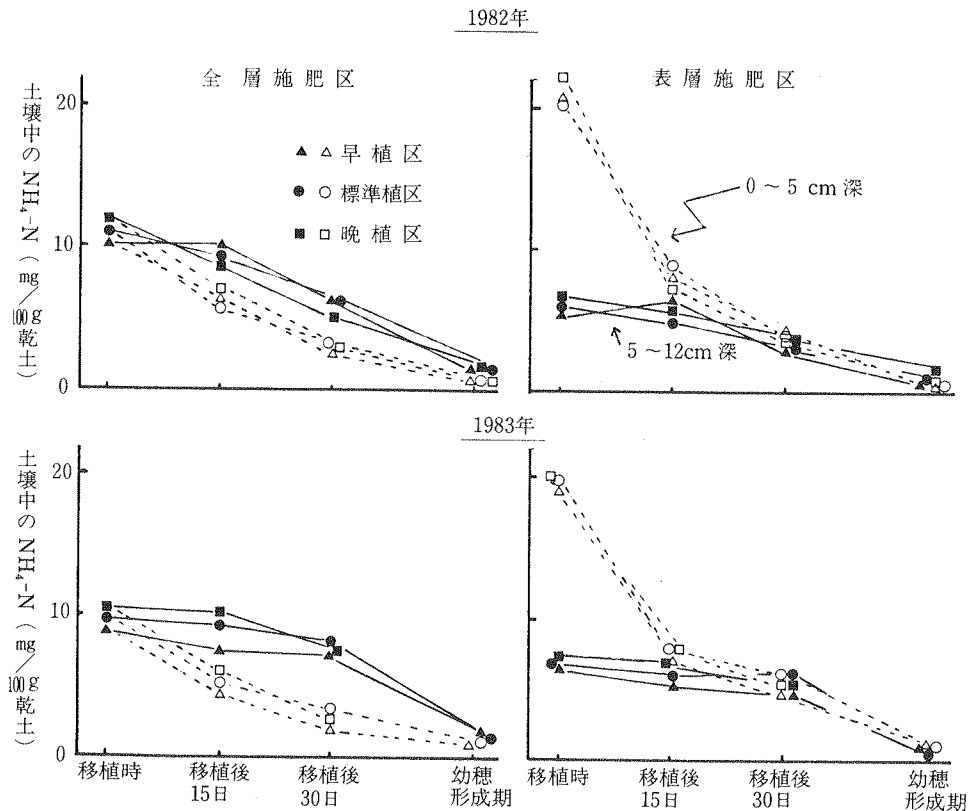


図1 土壌中の NH_4-N の推移

評価が異なることになる。ここでは移植後30日の茎数をもって表層施肥効果の有無を判断することとした。なぜなら、この時期の茎数の多少は、寒地稲作における重要課題である有効茎の早期確保と密接に関連するからである。また、温度要因としては移植後15日間の平均気温とした。この理由として、移植後15日間は表層施肥区の表層（0～5 cm 深）の窒素濃度が全層施肥区より著しく高く、根域も表層にほぼ限られていること、また、養分吸収速度に関与する地温は表層（3～5 cm 深）が下層（10 cm 深）より高いが、移植15日以降では両層の温度差が殆どなくなること、などである。つまり、移植後15日頃を境に養分の供給の場としての表層の有利性が消失するからである。

そこで、移植後15日間の平均気温と移植後30日の茎数との関係をプロットすると、ほぼ14°Cを境に温度が高い場合は表層施肥効果が高く、低い場合は効果が認められなかった（図3）。また、移植後

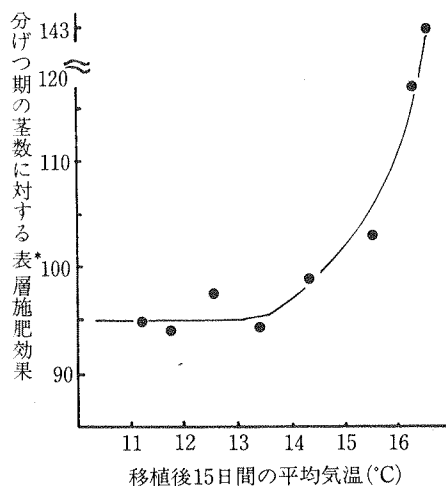


図3 分けつ期の茎数に対する表層施肥効果と移植後15日間の平均気温との関係

* (表層施肥区/全層施肥区)×100

15日間の窒素吸収量は気温に対応して高まり、かつ、14°C以上の高温条件での窒素吸収量は表層施肥区が全層施肥区より著しく上廻った（図4）。しかし、移植後15～30日間では、気温の高い条件ほど窒素吸収量が増加するものの、全層施肥区と表層施肥区との差異はなかった（図5）。

以上のように、移植後15日間の平均気温が14°C以上の場合は、苗の活着及びその後の生育が盛ん

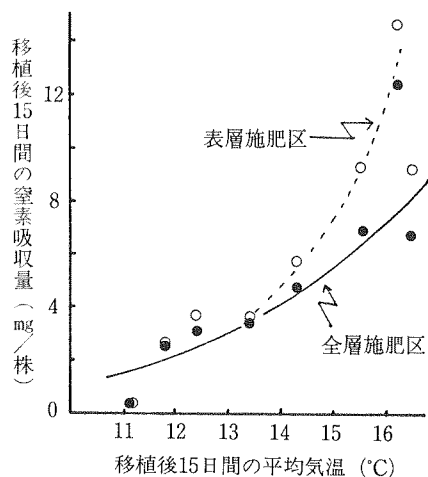


図4 移植後15日間の窒素吸収量と気温との関係

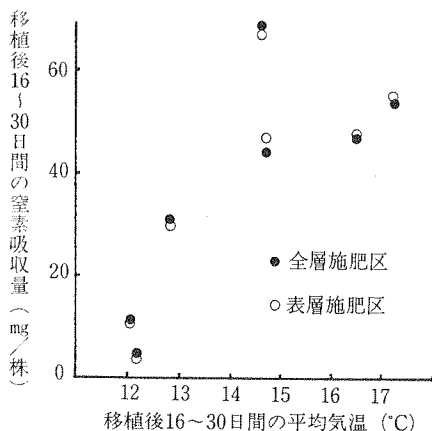


図5 移植後16～30日間の窒素吸収量と平均気温との関係

なために、表層の根域の窒素濃度が高いという好条件を生かしようが、気温が低い場合は、これを十分に利用できないものと考えられる。このように、表層施肥効果が発現するか否かの問題は、表層の施肥窒素が脱窒・有機化及び透水による溶脱等の総合されたものである減少速度と苗の生長速度との関係に支配される。前者の速度は土壤微生物作用が主体であるため、14°Cを中心とする3°C前後の気温の変動（この時の地温は17°Cを中心とし3°Cの変動）に対してあまり変化しないが、後者の速度は村上ら¹²⁾の有効地温当量及び有効気温当量にも示されているように、水稻の生育が最も変動する範囲である（図6）。このため、移植が平均

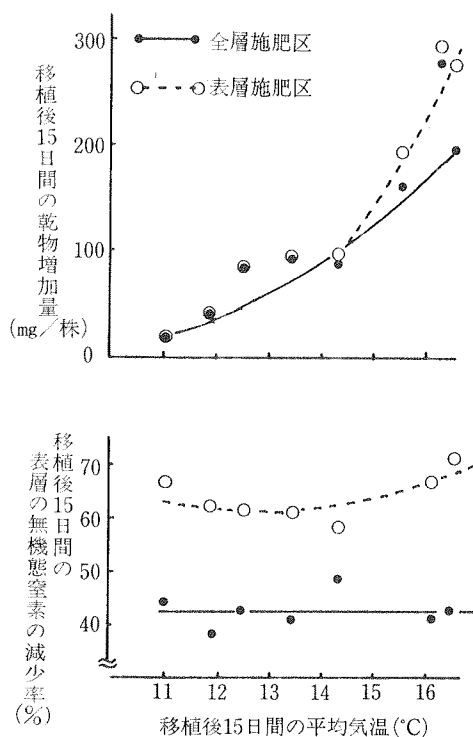


図6 移植後15日間の平均気温と稲の乾物増加量並びに表層0～5 cm深の無機態窒素の減少率

気温で12°C付近に上昇した時期に行なわれ、その後の気温の変動が激しい北海道の栽培条件では表層施肥効果とその年々の気温の変化に対応してバラつくことになる。ちなみに、既往の報告との整

合性をみると(表7)、表層施肥に関する研究の先駆であった1955年の琴似沖積田における施肥効果の卓越して発揮された例は、移植後15日間の平均気温が16.1°Cという高温条件、また、永山沖積田での追試で施肥効果が発現しなかった例は、1963年が12.8°C、1965年が12.1°Cという低温条件であり、本研究での知見と一致した。

以上のように、一部の透水性良好田において、表層施肥効果がバラツクのは移植後の気温が関与し、この変動が大きいためである。すなわち、移植が日平均気温で12.5°Cの移植適期に上昇する時期に行なわれた場合(上川中央部では5月20日頃)、移植後15日間の平均気温が14°C以下の出現頻度は、過去30年間に16度存在した(表8)。このような表層施肥効果の発現しない場合の機作は、水稻の生育が著しく停滞するような低温下でも、施肥窒素が表層から消失するためであり、溶脱のみならず、脱窒や有機化など土壌微生物の関与が考えられる。従って、表層施肥が安定した効果を発揮するためには、施肥により高められた作土表層の窒素濃度を必要な期間維持するような対策、例えば、肥料と土壌との接触面を減らすこと、あるいは微生物作用を抑制すること等が考えられる。このうち、前者については側条施肥法²⁾は多少問題が残っているものの既に実用化されつつあり、また、後者の方法としては硝化抑制剤の利用等が考えられる。

表7 既往の研究における移植後の気温と表層施肥効果の有無(透水性良好田)

試験年	場所	品 種	苗	移植時期	移植後15日間の平均気温 (°C)	表層施肥効果	研 究 者
1955	琴似	栄 光	冷床苗	6月 8日	16.1	++	藤村, 藤田 ⁵⁾
1963	永山	しおかり	成 苗	5月 24日	12.8	--	古山, 南 ⁷⁾
1965	永山	しおかり	成 苗	5月 28日	12.1	--	
1975	永山	イシカリ	成 苗	5月 23日	16.7	++	
1976	永山	イシカリ	成 苗	5月 25日	16.0	--	
1977	永山	イシカリ	成 苗	5月 27日	17.0	+	森脇 ⁸⁾
1978	永山	イシカリ	成 苗	5月 24日	11.6	--	
1980	永山	キタヒカリ	紙 筒	5月 23日	18.4	++	森脇 ⁸⁾
1981	永山	キタヒカリ	紙 筒	5月 22日	11.1	--	

++ 分けつ期の茎数, 収量とも表層区が高い。

+ 分けつ期の茎数が高い。

-- 分けつ期の茎数, 収量とも全層区が高い。

表8 移植期の気温並びに移植後15日間の平均気温が14°C以下の出現頻度*

移植期	移植期の 平均気温(°C)	移植後15日間		
		平均気温(°C)	変動係数	14°C以下の 出現頻度(30年間当り)
5月 10日	11.3	12.2	10.9	29
15日	11.9	13.0	13.0	18
20日	12.5	13.8	14.6	16
25日	13.6	14.9	13.4	9
30日	14.4	15.7	11.1	4
6月 5日	15.4	16.3	9.0	1

* 1955～1984年の期間、旭川市永山上川農試観測

謝 辞 本研究の遂行に当り、道立上川農試土壌肥料科木村清研究員（現道立中央農試土壌改良第1科長）同野村美智子研究員とは論議をともにした。また、道立上川農試森脇良三郎水稻栽培科長（現道立中央農試）、小林莊司専門技術員並びに山口正栄専門技術員には有益な御助言をいただいた。また、本報告の取りまとめに際しては道立上川農試仲野博之場長、道立中央農試大垣昭一化学部長並びに道立中央農試稲作部長佐々木多喜雄博士には懇切な御指導と御検閲を賜った。以上の各位に深く謝意を表する。

引用文献

- 1) 天野高久, “水稻の冷害に関する作物学的研究”, 北海道立農試報告, 第46号, 1984, 3-10p.
- 2) 土居晃郎, 古山芳広, “水稻に対する側条施肥の表層施肥効果”, 北農, 52(1), 45-56 (1985).
- 3) 藤村利夫, “北海道における施肥法の変遷と各種施肥法の特徴”, 良質米生産技術, 北海道米麦改良協会編, 1980, p. 95-100.
- 4) 羽生寿郎, 石黒忠之, “北海道における水稻栽培期間の気温条件と収量の安定性, (2), 安全栽培期間の気温と収量の変動性”, 北海道農試研報, 102, 93-103 (1972).
- 5) 北海道農務部農業改良課編, “水稻の施肥法について”, 農業技術普及資料, 2(7), 91-92 (1959).
- 6) 北海道農務部農業改良課編, “水稻における全層・表層施肥割合に関する一考察”, 昭和41年農業試験

会議抄録, 1966, p. 255-261.

- 7) 北海道立上川農業試験場編, “窒素の施肥技術改善に関する試験”, 土壌肥料に関する成績書, 昭和50-55年度, 1975-1980.
- 8) 北海道立上川農業試験場編, “初期生育の旺盛化と過剰分けつ抑制試験”, 水稻栽培試験成績書, 昭和55, 56年度, 1980-1981.
- 9) 石塚喜明, 田中 明, “水稻の栄養生理; 養分の吸収”, 養賢堂, 1967, p. 1-13.
- 10) 三井進午, “水田の脱窒現象; 脱窒現象の発見と全層施肥法の確立”, 養賢堂, 1978, p. 3-11.
- 11) 森脇良三郎, 谷川晃一, “水稻「キタヒカリ」の安定化栽培法について”, 北農 51(3), 1-44(1984).
- 12) 村上利男, 森田弘彦, 土井康生, 今野一男, “寒地水稻の計画栽培に関する解析的研究”, 北海道農試研報, 133, 61-100 (1982).
- 13) 西潟高一, 藤森信四郎, 藤村利夫, 藤田 勇, 首藤良一, “水稻の施肥法について”, 北農, 27(8), 9-18 (1960).
- 14) 志賀一一, 山口紀子, 栗崎弘利, “寒地稲作における土壌の磷酸肥沃度及び磷酸施肥の効果に関する研究, (II) 各種水田ほ場における磷酸抽出値変動と水稻の生育反応”, 北海道農試研報, 113, 95-107 (1976).
- 15) 島崎佳郎, 佐竹徹夫, 渡辺 潔, “生育初期の冷水灌漑がイネの生育並びに養分吸収に及ぼす影響について”, 北海道農試彙報, 80, 3-12 (1963).
- 16) 高橋治助, 柳沢宗男, 河野通佳, 矢沢文雄, 吉田武彦, “作物の養分吸収に関する研究”, 農技研報告, B-4, 1-84 (1955).

The Relationship between Effects of Surface-Layer Nitrogen Application to paddy Fields and Temperature from Transplanting to the Tillering Stage in HOKKAIDO

Nobumitsu SAKAMOTO*, Yoshihiro FURUYAMA* and Haruo IWABUCHI**

Summary

It was found that the effect of nitrogen applied to the surface layer (to a depth of 5 cm) at the final planting stage was remarkable in enhancing the initial growth of paddy rice plants with regard to the increased number of tillers and dry matter, if the seedlings were transplanted at a high temperature (mean temperature from transplanting to 15 days after, more than 14°C). This was because, when transplanting was done at high temperature, seedlings rooted rapidly and absorbed nitrogen from the surface layer.

When transplanting was done at a low temperature (less than 14°C), seedlings showed retarded rooting and scarcely absorbed nitrogen from the surface layer. At the same time, surface-layer nitrogen was decreased considerably due to denitrification, immobilization and eluviation such as at low temperature.

Consequently, the method of nitrogen application to the surface layer of paddy fields is not considered effective at low temperature.

*Hokkaido prefectural Kamikawa Agricultural Station, Asahikawa, Hokkaido, 078-02 Japan.

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Hokkaido, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.