

半矮性インド型水稻品種北陸 193 号の早植栽培における苗の伸長法

大角壮弘・平内央紀・吉永悟志

(農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター)

要旨：半矮性遺伝子をもつインド型多収水稻品種の北陸 193 号の早植栽培において、苗の草丈や茎葉重の減少が問題となっていることから、育苗時の保温法と、窒素追肥による苗質改善効果について検討した。ビニルハウス内で育苗する標準育苗と比較し、ハウス内で苗箱の 40 cm 上から無色の透明マルチをかけ、側面下部より 3–4 cm 隙間を空けたマルチ被覆は、苗の草丈を 3.5 cm 増加させ、茎葉重も同等以上となった。育苗中に水に溶かした硫酸を成分量で箱あたり 4 g 分施すると、いずれの温度処理でも苗の草丈や茎葉重、ならびに苗の窒素含有率が高まった。苗箱をプール中に水没させるプール育苗処理では、箱上水位を 2 cm とするよりも 5 cm とする深水プールのほうが苗の草丈は増加した。深水プールの苗の草丈は標準育苗に比べ 2.9 cm 長く、苗の茎葉重にも有意な減少は認められなかった。また、深水プールと箱あたり 2.5 g の追肥を組み合わせる育苗した苗を、準高冷地で機械移植し、標準育苗と比較した結果、苗の草丈と窒素含有率の増加が移植後初期の乾物生産の向上や欠株率の減少に有効であることが示唆された。
キーワード：育苗、欠株、水稻、追肥、苗の草丈、保温、北陸 193 号。

インド型多収水稻品種の北陸 193 号は、現在わが国において最も多収を示す品種であり (Yoshinaga ら 2013)、育成地である北陸地方においては、早植を行うことで低温や低日射による登熟不良を回避でき、多収となることが示されている (Ohsumi ら 2014)。しかし、北陸 193 号を含む半矮性遺伝子をもつインド型品種は、通常育苗時でも日本型品種と比べて苗の草丈が短く (Ohsumi ら 2012)、育苗期が低温な条件では、一般に苗の草丈や茎葉重が減少しやすくなる (平岡ら 1987, Redoña and Mackill 1996)。早植時には慣行に比べ、育苗期の平均気温が 3°C 低くなり (新潟県上越市平年値)、苗の草丈や茎葉重が減少するのに加え、苗のマット形成不良も問題となっている。

苗の草丈が短いと植え付け後に水没して、その後に枯死しやすくなる。また、短い苗は田植え機の抵抗棒にかからず、植え付け姿勢が悪くなることで、水没を助長し、欠株率を増加させることとなる (桐山 1991)。さらに、北陸 193 号の栽培北限である北陸地域では、重粘質土壌が広く分布しているが、重粘質土壌は代掻き後も土壌が非常に軟らかい状態で推移するため、短い苗では埋没しやすくなり、これを避けるために浅植えを行うと、浮苗率が増加する。以上のように、苗の草丈の低下による欠株率の増加は、実際に栽培現場で問題となっており、早植時の外気が低温な条件でも苗の草丈を長くする技術の確立は、北陸 193 号の普及のための課題の一つとなっている。

これまでに著者らは、播種後、出芽器内に苗箱を棚積みし、28°C の温度条件で芽を 5 cm 以上に伸ばしたのち、慣行法で苗を育成する出芽器伸長処理と育苗期中の窒素追肥の組み合わせの効果について検討を行った (Ohsumi ら 2015)。その結果、出芽器伸長処理により、育苗日数が同

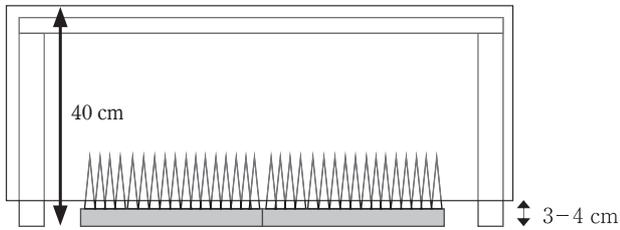
じであっても北陸 193 号の苗を 2 cm 以上伸ばすことができ、移植後の乾物生産も低下しないことを明らかにし、苗の草丈が短く、茎葉重の大きいことが重要とする日本型品種における健苗の指標は、北陸 193 号には適応されない可能性を指摘した。また、出芽器伸長処理と窒素追肥を組み合わせることで、さらに苗の草丈を伸ばせることや、苗の窒素含有率が高まると、移植後初期の乾物生産が改善され、茎数増加も早まることも明らかにした。以上のことから、早植による低温育苗条件において、北陸 193 号が備えるべき苗の条件は、苗の草丈が長く、窒素含有率が高いことであると示唆される。

出芽器伸長処理は、北陸 193 号の苗の草丈を長くするのに有効ではあるものの、この方法では出芽器内で苗箱を積み重ねることができず、一度に多量の苗箱を処理できないことから、大規模稲作経営に適用するためには、出芽、置床後に適用可能な保温育苗法について検討を行う必要がある。そこで本研究では、出芽器伸長処理と比較し、置床後の生育温度を高める方法として、透明マルチの設置法を従来法より変更した保温育苗や、苗箱をプールに水没させるプール育苗が有効であるか、また窒素追肥を組み合わせることで、北陸 193 号の苗質を改善することが可能であるかを検討した。さらに、北陸 193 号において、苗の草丈の増加が欠株率の減少に寄与できるのかを明らかにする目的で、生育初期が低温となる準高冷地で機械移植による実証試験を行った。

材料と方法

1. 育苗時の温度処理の苗の草丈増加効果

2013 年と 2014 年に、農研機構中央農業総合研究センター



第1図 マルチ被覆処理の模式図。ブロックやパイプを用いて40 cm 高の枠を組み、上から無色の透明マルチを設置し、側面は地面より3-4 cm 開ける。

北陸研究センター（新潟県上越市）において育苗試験を行った。前年度に採種した北陸 193 号の種子を 13℃で 6 日間吸水させたのち、28℃で催芽し、2 ヶ年とも 4 月 1 日に苗箱（584 mm × 281 mm）に乾粒換算で 100 g 播種した。苗箱には、N、P₂O₅、K₂O の肥料成分をそれぞれ 1.6 g 含む育苗培土を充填した。育苗温度処理として「標準育苗」、「出芽器伸長」、「マルチ被覆」および「プール育苗」の 4 処理を設定し、さらにプール育苗では水位の異なる 2 処理を設け、計 5 処理について、それぞれ 3 箱ずつ育苗処理を行った。いずれの処理も播種後、28℃に保った蒸気式出芽器内で出芽させ、その後同一のビニルハウス内に置床し、生育させた。なお、本試験で用いたビニルハウスは、苗箱付近の気温が 20℃以上になると側面が開き、10℃以下で閉じる自動開閉式であった。

標準育苗、マルチ被覆、およびプール育苗では、出芽後すぐにビニルハウス内に置床したが、出芽器伸長では既報で示したように（Ohsumi ら 2015）出芽器内で芽が 5 cm となるまで加温した後に置床を行った。マルチ被覆では、置床、緑化後すぐに、苗箱から 40 cm の高さに組んだ枠より、無色の透明マルチを設置し保温しており、ビニルハウスと合わせ二重に苗を被覆保温するものである（第 1 図）。40 cm 高のマルチ内では、過剰な温度上昇が起こらないよう、側面は地面と透明マルチの間に高さ 3-4 cm の隙間を空け、空気の交換が起こるようにした。処理期間中に追肥を行うとき以外、透明マルチの側面での位置は上下させることなく、定位置で固定した。マルチ被覆は、移植後の低温に順化させることを想定して、後述の苗調査の 3 日前にマルチを外した。また、標準育苗、出芽器伸長およびマルチ被覆の苗箱は、水位を 1 cm 以下に保った一つの枠内に設置し、底面給水により生育させた。

プール育苗では、不完全葉を第 1 葉として、2 葉期から苗質調査の前日まで、苗箱をプールに水没させ、苗箱の上面からの水位を 2 cm、5 cm とする、水位の異なる 2 つの処理を設けた。2 cm（浅水プール）と 5 cm（深水プール）の水位処理は同一のプールで行っており、浅水プールの処理は、苗箱の下に 3 cm の高さの板を敷くことで行った。2 葉期において、深水プールの苗の長さが 5 cm に満たない場合は、苗の上端がちょうど水面に相当する深さに水位を設定し、苗の生育に合わせて、5 cm となるまで徐々に水位を引き上げた。

苗の生育期間中、ビニルハウス内において、マルチ被覆

処理設備とプール育苗用のプールは 1 つずつ用意し、標準育苗と出芽器伸長、および浅水プールと深水プールはそれぞれ無作為に配置した。また、標準育苗、出芽器伸長、マルチ被覆の 3 処理において、苗箱をプラスチック板により 2 等分し、追肥区と無追肥区を設けた。追肥区では、2 葉期と 3 葉期の 2 回、それぞれ箱当たり窒素成分量で 1.5 g と 2.5 g ずつ硫酸を水に溶かし施用した。追肥処理時に無作為に配置換えを行った。

生育環境を把握するため、標準育苗、出芽器伸長処理、マルチ被覆処理では苗箱上部の気温を、プール育苗では水温を苗の地上部周辺温度として測定した。また、ビニルハウスの外気温は北陸研究センター内の気象観測露場の値を用いた。2013 年は播種 30 日後、2014 年は 28 日後に苗の調査を行った。それぞれの処理を行った苗箱から、30 個体ずつ抜き取り、葉齢、第 3 葉鞘長、苗の草丈を調査し、第 3 葉の葉色を SPAD-502（ミノルタ社）を用いて評価した。苗は、80℃で 48 時間以上乾燥したのち、茎葉部の乾物重を測定した。乾物重測定後の試料は、細断後に燃焼法により窒素濃度を測定した（JM3000CN, J サイエンスラボ社）。

それぞれの形質について、3 つの苗箱の平均値を各処理・年次の値とした。これらの値について、温度処理 3 水準（標準育苗、出芽器伸長、マルチ被覆）×追肥の有無 2 水準 × 年次 2 水準の処理群 1 と温度処理 3 水準（標準育苗、浅水プール、深水プール）× 年次 2 水準の処理群 2 に分け、統計ソフト（JMP9.0, SAS Institute Inc.）を用いて、統計処理を行った。処理群 1 では温度処理と追肥の主効果と交互作用について、処理群 2 では温度処理の主効果について分散分析を行い、さらに LSD 法により有意性検定（ $P < 0.05$ ）を行った。なお、本報で調査した 2013 年の標準育苗および出芽器伸長処理の調査試料は、既報で示した試料と同一である（Ohsumi ら 2015）。

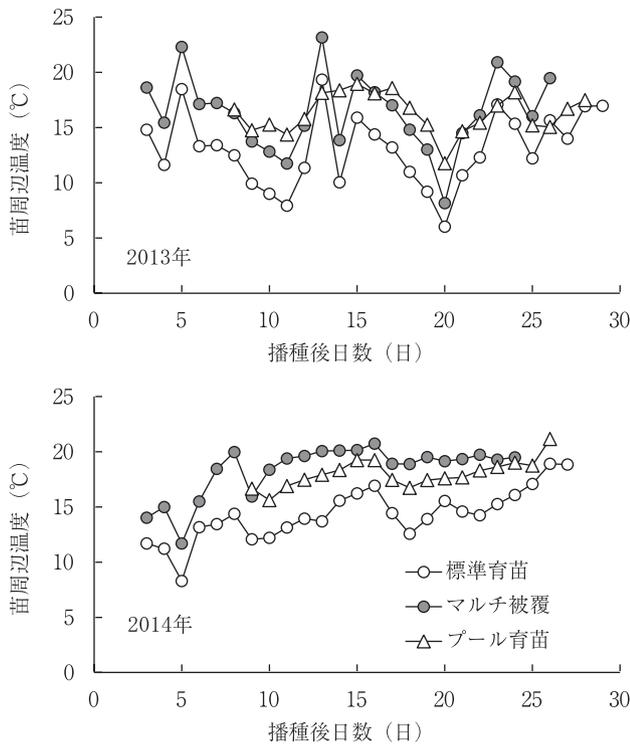
2. 準高冷地での機械移植による実証試験

2014 年 4 月 10 日に、長野県農業試験場（須坂市、標高 360 m）において、2013 年度に北陸研究センターで採種した北陸 193 号の種子を播種し、育苗を行った。播種前には、種子を冷暗所で 6 日間吸水させ、ガラス室内（昼間は 30℃以上で天窓が自動で開放、夜間は 18℃設定で暖房により加温）に 30 時間おき催芽を行った。催芽種子を、前述同様の育苗培土を充填した苗箱に箱当たり乾粒換算で 120 g 播種し、出芽後にビニルハウス内に苗を選び育苗を行った（標準育苗）。このとき、育苗温度処理として、水位を 5 cm とする深水プール育苗を行った。プール育苗では、移植の 4 日前に落水し、同日中に水に溶かした硫酸を箱当たり窒素成分量で 2.5 g 施用した（プール N）。育苗期間中の生育温度として、標準育苗の苗箱上部の気温とプール内の水温を測定し、ビニルハウスの外気温については、長野地方気象台の気温の観測値を用いた。

5 月 12 日に苗を須坂市から安曇野市の 30 a 農家圃場（標

高 635 m) に運搬し、移植した。移植はクボタの 8 条田植え機 (NSD8) を用いて行い、苗のせ台の左右 4 条ずつに標準育苗とプール N の 2 処理の苗をのせ、圃場を往復し、

作業を行った。移植時にそれぞれの処理苗を 30 本ずつ抜き取り、葉齢、苗の草丈を調査した。調査した苗を 80°C で 48 時間以上乾燥したのち、地上部乾物重を測定した。また移植 3 週間後に、圃場の 3 ヲ所より 6 株ずつ抜き取り、地上部乾物重を調査した。地上部乾物重は、株により植え付け本数に変動があることから、個体当たりの重量として示した。移植時よび移植 3 週間後に抜き取り調査を行った植物体について、前述の方法により窒素含有率を測定した。また出穂期に欠株を含む 200 株について、圃場の 3 ヲ所で欠株率を調査した。移植 3 週間後の生育量や出穂期の欠株率については、統計ソフト (JMP9.0, SAS Institute Inc.) を用いて、*t* 検定により有意差を検定した。



第2図 2013年と2014年における育苗時の苗の地上部周辺温度の推移。

標準育苗、マルチ被覆では苗上部の気温、プール育苗では水温を示す。

結 果

1. 育苗時の温度処理と追肥による苗質改善効果

2013年の育苗期間の日平均日射量は 15.8 MJ m^{-2} で、2014年の 18.8 MJ m^{-2} よりも少なかったが、両年とも置床後の外気平均気温は 10.7°C であった。ビニルハウス内の標準区における、2013年および2014年の育苗期間の苗の周辺温度は、 13.1°C および 14.3°C であった (第2図)。処理期間中の、苗周辺の平均温度の上昇効果は、マルチ被覆では2013年、2014年でそれぞれ 3.7°C および 4.3°C 、プール育苗では 3.7°C および 3.1°C であった。プール育苗の苗周辺の最高温度は標準区とそれほど変わらないものの、最低温度が高まることで、平均温度が高まっていた (図表略)。

統計処理群1において、いずれの苗形質についても、有意な温度処理 × 追肥の交互作用は認められなかった。葉

第1表 育苗期に温度処理と追肥を行った苗の葉齢、第3葉鞘長、草丈と茎葉重。

	葉齢	第3葉鞘長 cm	草丈 cm	茎葉重 mg 個体^{-1}
処理群 1				
標準	4.3 ^a	3.7 ^c	11.9 ^b	20.1
出芽器伸長	3.9 ^b	4.1 ^b	13.6 ^{ab}	22.4
マルチ被覆	4.3 ^a	4.6 ^a	15.4 ^a	22.2
主効果の <i>F</i> 値	107.3	29.8	9.1	2.0
<i>P</i> 値	< 0.001	0.002	0.022	0.229
無追肥	4.1	4.0	13.0	21.2
追肥あり	4.3	4.2	14.3	21.9
主効果の <i>F</i> 値	93.5	2.0	3.7	0.6
<i>P</i> 値	< 0.001	0.217	0.113	0.487
処理群 2				
標準育苗	4.2	3.6 ^b	11.2 ^b	19.6
浅水プール	4.2	4.0 ^b	12.3 ^{ab}	19.1
深水プール	4.2	4.8 ^a	14.1 ^a	18.7
主効果の <i>F</i> 値	0.2	37.6	11.8	1.9
<i>P</i> 値	0.864	0.026	0.078	0.347

処理群1において温度処理 × 追肥の交互作用は5%水準で有意ではない。同英文字を付した処理間では、5%水準で有意差なし (LSD法)。

齢は標準育苗にくらべ出芽器伸長で有意に小さくなったが、マルチ被覆、浅水、深水プールともに差は認められなかった(第1表)。出芽器伸長とマルチ被覆はそれぞれ第3葉鞘長を有意に増加させ ($P < 0.01$)、いずれの温度処理も標準育苗と比べ苗の草丈が増加した。マルチ被覆は2ヵ年とも出芽器伸長と同等以上に標準育苗に対し第3葉鞘長と苗の草丈を増加させた。プール育苗による苗の草丈増加効果は有意ではなかったが、標準育苗と比べると浅水プールは2ヵ年平均で1.1 cm、深水プールは2.9 cm 長い苗の草丈を示した。苗の茎葉重への温度処理の効果も有意でなかったが、出芽器伸長とマルチ被覆の茎葉重は標準育苗に比べ2ヵ年平均で10-11%大きく、深水プールは5%小さな値であった。窒素追肥は葉齢を有意に増加させ ($P < 0.01$)、第3葉鞘長、草丈および茎葉重も有意ではないものの増加する傾向があった。

いずれの温度処理も、葉色値や窒素含有率に有意な効果を及ぼさず、育苗培土を水没させたプール育苗においても、窒素含有量は低下しなかった(第2表)。一方、窒素追肥は葉色値、窒素含有率および窒素含有量を有意に増加させ

第2表 育苗期に温度処理と追肥を行った苗の窒素成分特性。

処理群 1	葉色	窒素含有率	窒素含有量
	SPAD 値	%	mg 個体 ⁻¹
標準	33.8	4.28	0.87
出芽器伸長	31.5	4.01	0.86
マルチ被覆	33.7	3.99	0.88
主効果の F 値	2.4	0.9	0.03
P 値	0.187	0.464	0.971
無追肥	30.4	3.04	0.64
追肥あり	35.6	5.14	1.10
主効果の F 値	27.0	117.06	50.2
P 値	0.003	< 0.001	0.001
処理群 2			
標準育苗	31.2	3.15	0.62
浅水プール	30.4	3.08	0.59
深水プール	29.6	3.15	0.59
主効果の F 値	0.86	0.09	0.63
P 値	0.538	0.918	0.612

処理群 1 において温度処理 × 追肥の交互作用は5%水準で有意ではない。

第3表 準高冷地での実証試験における移植時の苗の特性(2014年)。

葉齢	第3葉鞘長 cm	草丈 cm	茎葉重	茎葉重	窒素含有率 %	窒素含有量 mg 個体 ⁻¹	
			mg 個体 ⁻¹	/ 草丈比			
無処理	3.1 ± 0.4	2.9 ± 0.2	8.2 ± 0.6	19.4	2.4	2.8	0.53
プール N	3.3 ± 0.4	4.5 ± 0.6	14.2 ± 1.7	18.8	1.3	3.6	0.68

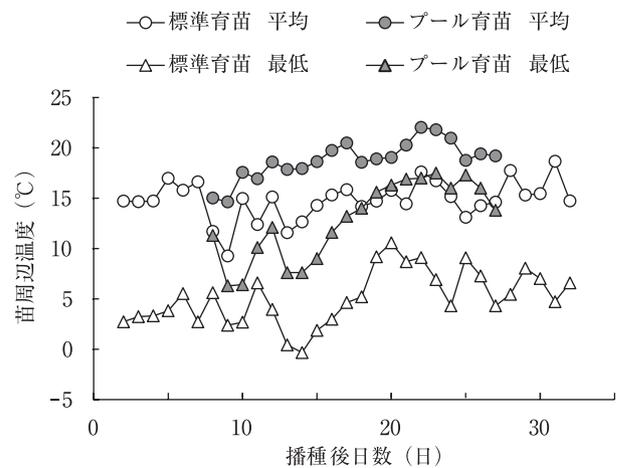
プール N は、水深 5 cm のプール育苗後に追肥を行ったもの。いずれの値も試験反復はなし。

た ($P < 0.01$)。

2. 準高冷地での機械移植による実証試験

長野県須坂市における育苗期の外気平均気温は12.7℃であった。苗周辺の平均温度、最低温度ともに、プール育苗で高く推移した(第3図)。標準育苗に比べ、深水プールと追肥を組み合わせることで育成した苗(プール N)は、葉齢、苗の草丈が増加し、第3葉の葉鞘が長い苗となった(第3表)。またプール N では、窒素含有量と窒素含有率ともに高い値を示した。

移植3週間後の生育量を比較したところ、プール N では標準育苗より茎葉重が大きく、窒素含有量も高まっていた(第4表)。出穂期の欠株率は、標準育苗で6.2%であった



第3図 準高冷地での現地実証試験における、育苗時の苗の地上部周辺温度の推移(2014年)。

標準育苗、マルチ被覆では苗上部の気温、プール育苗では水温を示す。

第4表 準高冷地での実証試験における、移植3週間後の生育量と出穂期の欠株率(2014年)。

	茎葉重	窒素含有率	窒素含有量	欠株率
	mg 個体 ⁻¹	%	mg 個体 ⁻¹	%
標準育苗	100.7	3.1	3.1	6.2
プール N	126.6	3.0	3.8	3.3
t 値	5.00	1.78	3.82	4.54
P 値	0.007	0.149	0.019	0.010

プール N は、水深 5 cm のプール育苗後に追肥を行ったもの。値は3反復の平均値。

のに対し、プールNでは3.3%とおよそ半分になった。

考 察

標準育苗に対する苗の草丈増加はマルチ被覆で3.5 cm、深水プールで2.9 cmであり、出芽器伸長の1.7 cmより大きく(第1表)、マルチ被覆と深水プールは、出芽器伸長に替わる苗の草丈を長くする保温育苗技術となりうることが示された。また、低温により初期生育が制限されると穂数不足で減収することもあるため(Horaiら2013)、育苗期の追肥により苗の窒素含有率を高め、生育初期の分けつの促進を図ることは収量の安定化のためには重要である(Ohsumiら2015)。苗の窒素含有率への温度処理×窒素追肥の交互作用は認められず、マルチ被覆は出芽器伸長と同様に追肥により窒素含有率を高めることができ(第2表)、深水プールでも追肥を組み合わせるにより窒素含有率が上がったことから(第3表)、マルチ被覆と深水プールに窒素追肥を組み合わせることは、北陸193号の早植栽培で備えるべき苗質の確保にも有効であると考えられる。

マルチ被覆と深水プールを比較すると、灌水や外部のビニルハウスの開閉など処理適用中の労力は同じであるが、マルチ被覆の設置にかかる労力や資材費を考慮すると、深水プールの方が容易に適用できるかもしれない。しかし、それぞれの苗の茎葉重への効果は明瞭ではなかったが、マルチ被覆では茎葉重が増加、深水プールでは減少する傾向があった(第1表)。この違いには、深水プールでは水没する葉面積が大きくなり、光合成量が減少したことが関わっていたと考えられる。このことから、例えば準高冷地などの育苗期が低温であっても日射がある程度見込める地域では深水プールを適用しやすいが、日射量の少ない地域ではマルチ被覆を適用するほうが安全に苗の茎葉重を確保することできるであろう。また、マルチ被覆処理では、プール育苗と温度条件を異にするため浅水管理としたが、イネもみ枯細菌病や苗立枯病の発生の抑制のためには箱上に水位を保つことが望ましいとされており(植竹2002)、マルチ被覆と深水プールの組み合わせについては検討の余地がある。

本試験は自動開閉式のビニルハウス内で行っており、標準育苗の周辺温度は2ヵ年平均で外気温よりも3.0℃高かった。それゆえ、自動開閉式であればより高い適切な温度設定とすることで、マルチ被覆等の保温処理を行わなくても、本試験の処理と同等の長い草丈の苗を育成することが可能であるかもしれない。ただし、一重のビニルハウスでは最低温度の向上は一般的に期待できず、特に早植栽培ではハウス内での降霜により苗が障害を受けることがあるため、最低気温の上昇が可能な点でマルチ被覆や深水プールに優位性がある。

プール育苗において、水位は2 cmよりも5 cmと深水に

するほど、苗の草丈増加効果が高まっており(第1表)、深水プールの苗の草丈の増加には、温度の高い水面下に位置する植物体の部位が大きいことが関わっていたと考えられる。一方、水温との関連は明らかでないが、水稻を栄養成長期に深水で栽培すると、草丈が大きくなることが報告されており(大江・三本1999、渡邊ら2006)、加えて、深水や冠水などの低酸素条件は、栽培イネの地上部の伸長速度を早めることも知られている(坂上ら2012)。これらのことから、深水プールにおける苗の草丈の伸長には、温度上昇効果と深水によるストレス反応の両方が関わっていると推察される。

本試験では、低温育苗時に苗の草丈を伸ばすためだけでなく、移植後初期生育の改善を図る目的で(江原ら1992)、箱当たり総量で4 gと一般に推奨されるよりも多量の窒素追肥を行っている。実証試験において、箱当たり2.5 gの一度の追肥でも移植後初期生育量が改善されていたため(第4表)、北陸193号の良苗育成のための適切な追肥量については、さらに検討が必要と考えられる。

準高冷地での実証試験において、深水プールと追肥を組み合わせたプールNの苗は、苗の草丈が6 cm増加し(第3表)、茎葉重/苗の草丈比は大きく低下するものの、移植3週間後の茎葉重は向上した(第4表)。この結果は、日本型品種を対象とした育苗試験(松島1982、楠谷1986)や、品種比較試験(崔ら2000)において、苗の草丈に比して苗重が大きいほど良いとする健苗の指標は、北陸193号では必ずしも適用されないことや、移植後の初期生育改善のためには苗の窒素含有率を高めることが重要であること(江原ら1992、Ohsumiら2015)を裏付けるものである。

苗の草丈が欠株率へ及ぼす効果を評価した実証試験において、標準育苗の苗の草丈は8.2 cmであり、精度よく移植を行うことのできる7 cm(桐山1991)より長かったものの(第3表)、標準育苗の欠株率は6.2%であり、一般に収量に影響するとされる欠株率の5%(寺島2002)よりも高い値となった。窒素追肥を行った深水プールの苗(プールN)において、標準育苗に比べ欠株率が2.9%減少したことは(第4表)、乳苗移植について示した桐山(1991)の報告と同様に、苗の草丈の増加は欠株率の減少に有効であることを支持する結果であった。ただし、本研究では機械移植後のどの時期に苗が欠株化したのか調査しておらず、苗の草丈の増加が欠株率の減少に及ぼす効果やその要因については、今後さらに事例を増やし検証を行う必要があると考えられる。

謝辞：本研究の実証試験は、長野県農業試験場の酒井長雄氏、青木政晴氏、細野哲氏、土屋学氏に協力いただき遂行した。農研機構中央農業総合研究センターの光永貴之氏には統計処理についてご助力いただいた。また、齊藤進氏、清水宏彰氏、中川広之氏、齊藤千奈氏には、栽培管理、調査でご尽力いただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- 崔晶・楠谷彰人・豊田正範・浅沼興一郎 2000. 多収性水稲の品種生態に関する研究：苗質と本田初期生育との関係. 日作紀 69: 306-313.
- 江原宏・土屋幹夫・平井儀彦・小合龍夫 1992. 培養液濃度の違いによるイネ幼苗の葉身形態変化の品種間差異. 日作紀 61: 10-15.
- 平岡博幸・西山岩男・鈴木良典 1987. イネの栄養生長期における生長の温度反応：生態型間の差異. 日作紀 56: 302-312.
- Horai, K., Ishii, A., Mae, T. and Shimono, H. 2013. Effects of early planting on growth and yield of rice cultivars under a cool climate. *Field Crops Res.* 144: 11-18.
- 桐山隆 1991. 乳苗移植における植付け精度. 北陸作報 26: 20-21.
- 楠谷彰人 1986. 北限地帯における水稲の生産生態に関する研究：第 3 報 苗質が乾物生産と収量に及ぼす影響. 日作紀 55: 526-532.
- 松島省三 1982. 稲作の改善と技術. 養賢堂, 東京. 233-236.
- 大江真道・三本弘乘 1999. 深水処理による日本型水稲の乾物生産特性の変化. 日作紀 68: 482-486.
- Ohsumi, A., Furuhashi, M. and Matsumura, O. 2012. Varietal differences in biomass production of rice early after transplanting at low temperatures. *Plant Prod. Sci.* 15: 32-39.
- Ohsumi, A., Furuhashi, M. and Matsumura, O. 2014. Climatic responses of biomass production and grain yield in Japanese high-yielding rice cultivars under different transplanting times. *Field Crops Res.* 168: 38-47.
- Ohsumi, A., Heinai, H. and Yoshinaga, S. 2015. Nursery management for improving seedling length and early growth after transplanting in a semi-dwarf rice cultivar Hokuriku 193. *Plant Prod. Sci.* 18: 407-413.
- Redoña, E.D. and Mackill, D.J. 1996. Genetic variation for seedling vigor traits in rice. *Crop Sci.* 36: 285-290.
- 坂上潤一・曾根千晴・中園幹生 2012. イネの洪水被害と冠水抵抗性. 日作紀 81: 1-9.
- 寺島一男 2002. 栽培, 管理, 収穫. 日本作物学会編, 作物学事典. 朝倉書店, 東京. 304-319.
- 植竹恒夫 2002. 水稲ロングマット水耕育苗における水位調節によるイネもみ枯細菌病及び苗立枯病の防除. 関東東山病害虫研究会報 49: 17-18.
- 渡邊肇・日高秀俊・三枝正彦・大江真道・渋谷暁一 2006. 中山間地における育苗箱全量施肥による水稲の不耕起移植深水栽培. 日作紀 75: 264-272.
- Yoshinaga, S., Takai, T., Arai-Sanoh, Y., Ishimaru, T. and Kondo, M. 2013. Varietal differences in sink production and grain-filling ability in recently developed high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Japan. *Field Crops Res.* 150: 74-82.

Promotion of Seedling Elongation in *Indica*-Dominant Semi-Dwarf Rice Cultivar Hokuriku193 under Low Temperature Conditions : Akihiro OHSUMI, Hironori HEINAI and Satoshi YOSHINAGA (*Hokuriku Res. Centr., NARO Agr. Res. Centr., NARO, Jo-etsu 943-0193, Japan*)

Abstract : An *indica*-dominant high-yielding rice cultivar Hokuriku193 having a semi-dwarf gene often shows reduced seedling length and light seedling weight under low temperature conditions. Thus, we analyzed the improvements in the seedling length and weight by several nursery management methods combined with N top-dressing. Mulch heating treatment, covering seedlings above 40 cm with transparent plastic and leaving 3–4 cm of the bottom side of the plastic sheets open, increased seedling length by 3.5 cm, and maintained the seedling weight the same as or greater than the seedlings grown by the usual nursery method. The seedlings after N top-dressing showed greater seedling length, and heavier weight, and higher N content. Water depth of 5 cm during the nursery period increased seedling length by 2.9 cm, compared with the usual depth of 2 cm. Water depth of 5 cm did not significantly decrease seedling weight. The on-farm trial in cool highlands suggested that the increased length and N content of the seedlings improved the early biomass production after machine-transplanting and also decreased vacant hills.

Key words : Heat retaining, Hokuriku 193, Nitrogen top-dressing, Raising seedling, Rice, Rate of vacant hills, Seedling length.