

異なる日射環境とポット土壌容積が 水稻の生育に及ぼす影響

上地由朗*・桜谷哲夫*

(平成 23 年 2 月 24 日受付/平成 23 年 7 月 22 日受理)

要約：制限された日射環境の屋上緑化スペースにポットイネを導入するのに必要な基礎資料を得るため、東京農業大学世田谷キャンパス構内の建物屋上と作物実験用網室において、日本晴、中生新千本およびタカナリ的水稻 3 品種をそれぞれ 1/2000 a と 1/5000 a のワグネルポットで栽培し、それらの生育と関連気象条件を調べた。栽培期間中の気温や飽差には場所による差がなかったが、網室における実験期間中の平均日射透過率は約 60% であった。地上部および地下部乾物量は 1/2000 a ポットに対し、1/5000 a ポットでは 50~70% および 30~50% の範囲にあり、土壌容積が乾物生産に及ぼす影響は大きかった。屋上における 1/2000 a ポットの株あたり穂数は日本晴が 19 本、中生新千本が 18 本、タカナリが 16 本程度であったのに対し、網室ではいずれも約 13 本と少なかった。また、網室、屋上ともに 1/5000 a ポットの 3 品種の穂数はいずれも 6 本程度で、1/2000 a ポットの 1/2~1/3 であった。1 穂穎花数は明らかに屋上<網室であったが、網室では穂数がやや少なく、株あたり総穎花数は、1/2000 a ポットでは屋上において日本晴と中生新千本がおよそ 1300、タカナリがおよそ 2100、網室においてそれぞれおよそ 1200、1800 となり、屋上がやや多い傾向があった。これに対し、1/5000 a ポットでは、穂数、一穂穎花数ともに場所による差は小さく、株あたり総穎花数は、屋上で 3 品種ともおよそ 400、網室で日本晴と中生新千本がおよそ 300、タカナリでおよそ 500 であった。穂重型品種のタカナリは、1/2000 a ポットにおいて一穂穎花数が多いという特性が表われなかった。屋上緑化スペースにポットイネを導入する際には、軽量化を考慮すると土壌容積を小さくすることが望ましいが、本実験の日射環境下ではイネの生育に対し土壌容積の制約が大きいことが示された。

キーワード：屋上緑化、乾物生産、水稻、土壌容積、日射環境

1. はじめに

近年、ヒートアイランドによる都市温度の上昇の軽減に屋上を含む人工地盤の緑化が目されるようになった。一方、最近における社会的ニーズの多様化は、屋上緑化の多目的利用をもたらしている。その一つとして屋上菜園があげられる。すなわち緑化のための植物として、従来、芝や樹木であったものに代えて葉菜類や果菜類を栽培しようとするものである。海外では食料供給を目的とした「屋上農業」(Rooftop agriculture) という考え方で実施されている事例も多い¹⁾。わが国の屋上菜園の多くは広い意味での健康増進的な要素が強いが、多様な作物を栽培し収穫物を得ようとする試みもなされている。

一般に、開けたビル屋上は良好な日射環境下にあるが、高さの異なるビル複合体の中層空間を栽培スペースとして利用する場合は、日射が制限される場所も存在する。また、栽培システムの軽量化を図るには土壌容積も考慮されなければならない。このよう制約のもとで作物を導入する場合には、日射条件や土壌容積がその生育に及ぼす影響について十分な検討がなされる必要がある。しかしながら、土壌容積と作物の生育の関係について検討した報告はきわめて

少ない^{2,3)}。ごく最近、都心再開発事業に伴う高層ビルの人工地盤上でイネを栽培するための実証試験が行われ⁴⁾、そのための基礎資料を得る目的で、日射環境がイネの生育に及ぼす影響について検討されているが⁵⁾、これらは十分な土壌容積のもとで実験を行ったので、土壌容積が小さい場合の生育については未解明である。一方、屋上緑化にイネを導入する場合、軽量化や効率面を考慮に入れると、限られた土壌容積の資材を利用するケースが多くなることが予想される。本研究は、世田谷キャンパスにおける実験場所による気象環境による違いを把握し、それらとポットの土壌容積が早晚性の異なる水稻 3 品種の生育および収量に及ぼす影響を検討することにより、屋上緑化スペースに水稻を導入するのに必要な基礎データを得るために行った。

2. 材料および方法

(1) 栽培方法

1) 実験場所と使用ポット

実験は、2008 年に東京農業大学世田谷キャンパス 10 号館 (4 階建) の屋上およびキャンパス敷地内にある作物栽培実験用の網室内で行った。両実験場所ともに周囲には日陰をつくる高層の建物は存在しなかった。両実験場所につ

* 東京農業大学短期大学部生物生産技術学科

いて、各品種ともに1/2000 a ワグネルポットと1/5000 a ワグネルポットを用いた栽培実験を行った。なお、両ポットの土壌容積は9000 cm³および3000 cm³とした。

2) 供試品種

供試品種は標準品種として日本晴（日本型うるち品種）、日本晴よりも晩生の中生新千本（日本型うるち品種）および日本晴よりも早生のタカナリ（インド型うるち品種）の3品種とした。なお、日本晴および中生新千本は穂数型品種、タカナリは穂重型品種である。

3) 播種

上記の3品種について60°Cで10分間の温湯消毒を行った催芽種子を準備し、水稻用ペーパーポット（日本甜菜株式会社製R-5（684））をセットした育苗箱（60 cm×30 cm）に播種した。1区画2粒播きとし、育苗用土にはサン培土（川西床土製造センター）を使用した。なお、播種日は2008年4月22日であった。

4) 育苗

播種した育苗箱は暗黒条件で30°Cの定温室に2日間入れて出芽させた。出芽後はシートで保温および遮光処理を施して屋外で緑化させてから、その後シートを取り除いて、自然条件で育苗した。

5) 移植

栽培に使用した1/2000 a ワグネルポットおよび1/5000 a ワグネルポットそれぞれに、棚沢水田土壌を9000 cm³および3000 cm³充填し、葉齢4.0程度の中苗を1ポット1株2本植でポット中央に移植した。1/2000 a および1/5000 a ポットそれぞれについて1品種あたり5ポットおよび10ポットとした。移植日は2008年6月3日であった。なお、棚沢水田土壌の土壌特性は粘土含量27%でLiC, pH (H₂O)は6.6であった。

6) 施肥

基肥として有機質肥料（粒状有機入582）を全層施用した。両ポットともにほぼ同じ施肥条件になるように施肥量は1/2000 a ポットでは3.0 g/ポット（窒素、リン酸およびカリがそれぞれ0.15, 0.24 および0.06 g/ポット）、1/5000 a では1.2 g/ポット（同0.06, 0.10 および0.02 g/ポット）とした。なお、追肥は行わなかった。

7) 移植後の管理

移植したそれぞれのポットは屋上および網室の床面に品種ごとに1列に並べて設置した。ポットの水管理は毎日朝夕の2回灌水を行って水深が約3 cmの湛水状態とし、中干しは行わなかった。また、生育期間を通じて、網室では壁面に、屋上ではポットから2 m離れた位置に高さ1.5 m, 4 mm 目の防風ネットを設置した。さらに、屋上の実験区では出穂後は防鳥ネットを設置して鳥害を防いだ。

(2) 調査項目

1) 気象データ

屋上および網室において、日射量、気温、湿度並びにポットの水温を測定した。日射は床面上170 cmに設置した全天日射計（石川産業株式会社製S-150）で、気温と湿度の測定には6葉遮光シールド（太陽計器株式会社製CS

215）に収めた熱電対と高分子膜湿度センサー（TDK製CHS-U）を用いた。ポット内水温は直径3 mm長さ20 mmのガラス管に封入した熱電対を使用した。感部は土壌表面に水平に設置した。これらのセンサーからの信号をデータロガー（キャンベル製CR-800、冷接点補償温度計測機能付）で1分ごとに取りこませ、出力されたデータは1時間の平均値である。測定期間は移植後7月17日（移植後44日）から10月10日（移植後128日）であった。

2) 生育調査

移植後16日の6月19日から1週間ごとに10月6日（移植後124日）まで、各実験区5株について草丈および茎数の調査を行った。

3) 出穂調査

各品種の全期について出穂日の調査を行った。なお、出穂日は各実験区における全期の50%が出穂した日とした。

4) 成熟期における器官別乾物重

各品種について1/2000 a は全5ポット、1/5000 a ポットは生育が中庸な5ポットの稲体をサンプリングし、穂、わら（稈+葉鞘）および根に分割した。穂は穎花数の調査に用い、わらおよび根は80°Cの通風乾燥機に1週間入れてから乾物重を測定した。なお、根については土壌全体を丁寧に水洗いし、ゴミや異物を取り除いて採取した。サンプリング日は日本晴が10月4日、中生新千本が10月11日、タカナリが10月1日であった。

5) 穂数および穎花数

各品種について1/2000 a は5ポット、1/5000 a は10ポットのすべての株あたり穂数および一穂穎花数を調査し、株あたり総穎花数を算出した。なお、網室の一部のイネがネズミによる食害にあったため、ここでは収量解析は行っていない。

3. 結果および考察

(1) 気象環境

屋上および網室における日平均気温、日射量、および気温と湿度から算出した日最大飽差の推移を図1に示した。気温と日射量については東京の平年値を図に加えてある。実験期間中の天候の傾向について屋上の測定値を中心にみると、気温は、8月下旬と9月末ごろを除けばおおむね平年より高めに経過した。日射については、7月上旬から8月中旬と9月上旬～中旬にかけては平年を上回る日が多く、20 MJ m⁻²を超える日も多くみられた。日最大飽差は晴天が継続した7月中旬～8月上旬にかけて大きな値を示す日が多かった。

屋上と網室との比較では、平均気温についてはその変化パターンにはほとんど差はなかったが、屋上やや高い傾向を示し、測定期間の平均では屋上が25.5°Cに対し網室は25.1°Cと0.4°Cの差があった。測定期間平均の最高気温にほとんど差がなく、最低気温は網室が0.5°C低かったことから、平均気温の差は最低気温の差が起因していた。測定期間の積算日射量は網室が665 MJ m⁻²、屋上が1073 MJ m⁻²と網室は屋上の約60%であった。

日射量および気温の日変化をみるため、晴天日における

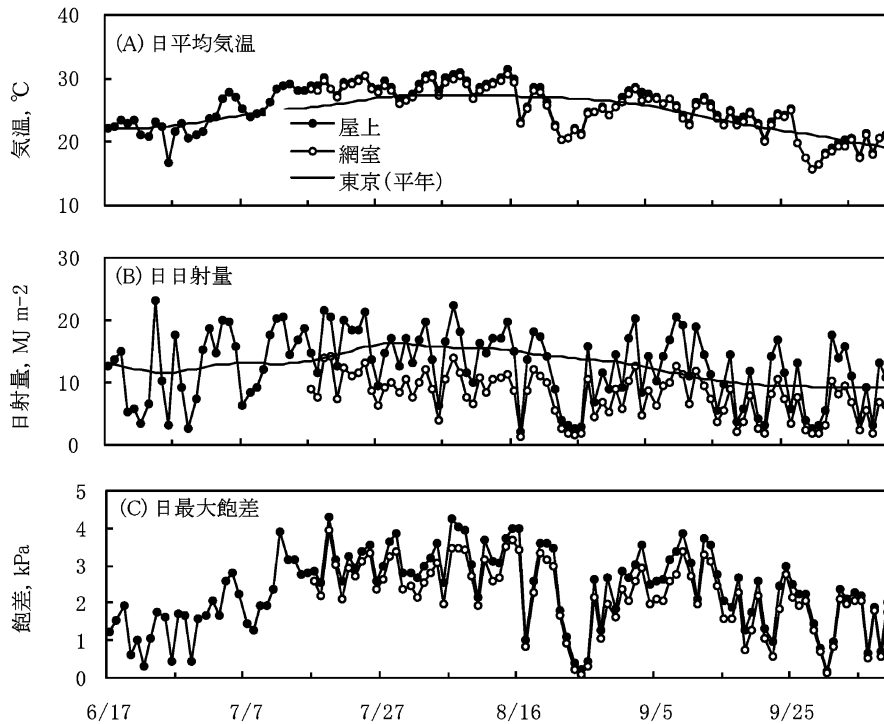


図1 屋上および網室における (A) 日平均気温、(B) 日射量および (C) 日最大飽差の推移

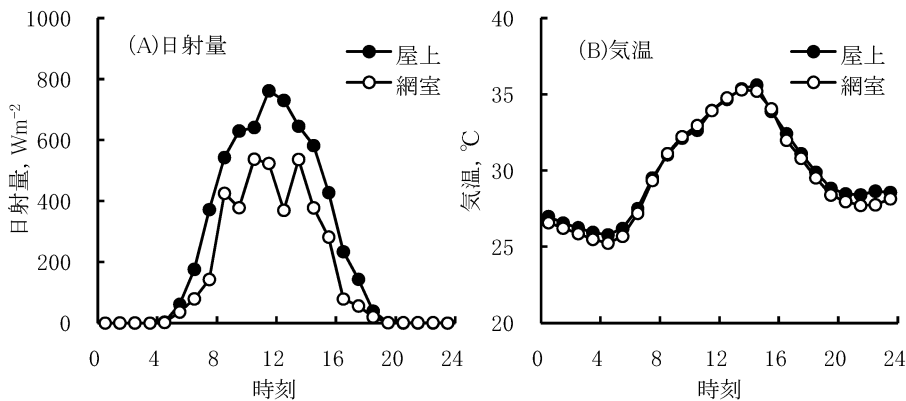


図2 晴天日(2008年7月20日)における屋上および網室の (A) 日射量および (B) 気温の日変化

それらの経時変化を図2に示した。日射量の日変化をみると、網室では梁の陰により日射が一時的に減少する時間帯が認められるが、梁の影響がない場合は約85%の透過率を示した。また、気温については日中には屋上と網室の間には差がみられなかったが、日没から早朝にかけて屋上>網室であった。大気乾燥度合いを示す飽差についてみると、一般に日中に出現する日最大飽差は、屋上と網室両方のデータが取得できた7月17日~10月9日の平均で、屋上は2.57 kPa、網室が2.22 kPaといずれも大気が比較的乾いた状態にあった。一般に、飽差が2.5 kPaまでは作物の蒸散および光合成速度の変動は非常に小さいとされているが⁶⁾、本実験における最大飽差はその上限値といえる。また、水稻の適湿範囲内においては飽差が小さいほど栄養生長期の生育が促進することが明らかにされているが⁷⁻⁹⁾、網室と屋上の間の0.35 kPaという差は小さく、生育にほとんど影響

しないと考えられた。ポットの水温は図示されていないが、測定期間の平均水温は1/2000 a ポットでは屋上は24.9°C、網室が24.8°C、1/5000 a ポットではともに24.7°Cと、場所間並びにポット容積間の差は極めて小さかった。両温度は生育の適温範囲内にあり、このような水温の差が生育に及ぼす影響はほとんどないものと考えられた。

本実験では風速を測定していないが、過去において風速は葉面境界層抵抗を通じて光合成や蒸散に大きな影響を及ぼすことが知られている¹⁰⁾。近年では、乾物生産性だけでなく¹¹⁾、開花および受精に及ぼす影響を論じられており^{12,13)}、乾物生産および収量形成に及ぼす風速の影響は小さくない。本実験では、風速の影響を受けないように防風ネットを使用したがる、屋上および網室における風速の調査が必要であると考えられるので、今後の検討課題としたい。

(2) 草丈および茎数

移植後 16 日目の 6 月 19 日から 1 週間ごとに 10 月 6 日 (移植後 124 日目) まで、各実験区 5 株について調査した草丈および茎数の推移を図 3 に示した。草丈は、いずれの品種も表 1 に示した出穂期ごろまではおおむね直線的に増加し、9 月上旬にほぼ一定値に達した。日本晴、中生新千本、タカナリともにポットの土壌容積に関わらず網室の方が屋上よりも大きい値で経過し、網室でやや徒長の傾向が認められた。異なる容積のポット間を比較すると、3 品種ともに屋上並びに網室に関わらず 1/2000 a ポットの方が 1/5000 a ポットよりも有意に大きい値で経過し、容積の小さいポットで伸長が抑制される傾向にあった。一方、茎数についてみると、7 月中旬から下旬にかけての最高分けつ期に最大に達したあと若干の減少を経て一定値 (有効茎数) に達する正常な推移を示した。同一土壌容積のポットを比較した場合、茎数は 3 品種ともに屋上の方が網室よりも明らかに多い結果となった。すなわち、屋上における 1/2000 a ポットのイネの有効茎数は日本晴が 19 本、中生新千本が 18 本、タカナリが 16 本程度であったのに対し、網室における 1/2000 a ポットではいずれも 13 本程度であった。また、網室、屋上ともに 3 品種の茎数は 1/2000 a ポットの方が 1/5000 a ポットよりも 2~3 倍多かった。1/5000 a ポットでは屋上と網室の差は小さくいずれも 6 本程度であった。

水稻の分けつ性は受光態勢や収量構成要素の規制を通じてバイオマス収量や子実収量に直結する主要形質であって^{14,15)}、その発生数には、日射、気温、水温、水深、栽植密度、施肥条件などの環境条件が影響し^{15,16)}、特に日射の影響が大きいとされている¹⁷⁾。気温、水温、水深がほぼ同一

条件でなされた本実験でも、土壌容積の影響が少ないとみられる 1/2000 a ポットでは、日射が屋上の約 60% であった網室で屋上に比べ分けつの発生が抑制された。このことは同じ温度条件で、強光条件と弱光条件の間における分けつ数の差は、光合成量の違いによる蓄積物質の差に基づくとする報告¹⁶⁾と一致している。境垣内ら (2010)¹⁸⁾はサトウキビにおいて日射量が分けつ性に対してきわめて大切な要因であるとし、また日照不足の年には分けつ数が少ないことが知られている¹⁹⁾。一方、1/5000 a ポットでは日射の影響よりも土壌容積の制限が分けつ発生に大きく影響したものとみられる。

(3) 出穂日

1/2000 a ポットおよび 1/5000 a ポットのそれぞれについて、各品種における場所ごとの出穂日を表 1 に示した。日本晴の出穂日は 8/20~8/23、タカナリの出穂日は 8/18~8/20 で、若干タカナリの方が日本晴よりも早かった。また、中生新千本の出穂日は 8/27~8/29 であり、日本晴やタカナリに比べ 5~10 日遅かった。3 品種ともにポット土壌容積あるいは場所による違いはみられなかった。

表 1 各品種における出穂日

	1/2000 a		1/5000 a	
	屋上	網室	屋上	網室
日本晴	8/23	8/21	8/21	8/20
中生新千本	8/28	8/29	8/28	8/27
タカナリ	8/19	8/20	8/18	8/20

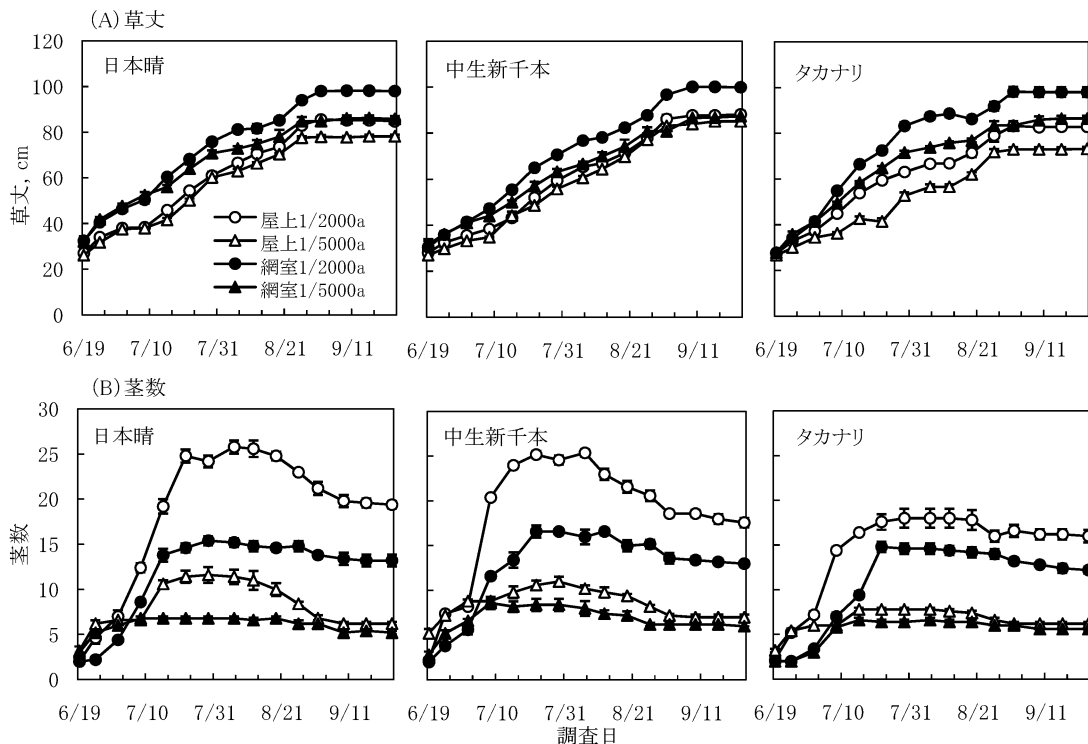


図 3 各品種における (A) 草丈および (B) 茎数の推移, 図中の棒線は標準誤差 (N=5)

(4) 成熟期における器官別乾物重

各実験区におけるわら（稈+葉鞘）および根の乾物重を表2に示した。品種にかかわらず、屋上、網室ともに全乾物重の間にポットの土壌容積による差がみられ、1/2000 a ポットの全乾物重は1/5000 a ポットのその3倍前後となった。また、3品種ともに、屋上の方が網室よりも1/5000 a ポットではおよそ10%、1/2000 a ポットではおよそ20%大きい値を示した。

根の乾物重は、屋上、網室ともに1/5000 a が1/2000 a よりも軽く、根の張りが劣ることが分かった。同じ大きさのポット同士では日本晴の屋上1/5000 a を除き網室の方が屋上よりも軽い傾向にあった。

一般に、イネの乾物生産は日射量に強く支配されることが

知られている^{20,21)}。特に、吸収日射量と乾物生産の間には強い正の相関関係が認められる²²⁾。本実験においては1/5000 a ポットにおける場所による乾物重の差は比較的小さかったが、1/2000 a ポットではその差は大きく、場所による日射量の違いが乾物生産の差をもたらせた。しかしながら、場所による乾物生産の差よりも土壌容積によるその差の方が大きいことが表2に示されている。本実験においては両ポットにおける施肥条件やイネの日射環境には差がないことから、土壌容積の違いが乾物生産の差をもたらせた主因であると考えられる。それは根の発達が悪化された場合には乾物生産性が低下し、その結果、両実験ともにポットによる地上部乾物重に差が表われたと考えられる。このようにポット土壌容積が制限された場合、根圏が限られることに

表2 各試験区におけるわら（稈+葉鞘）および根の乾物重

		わら		根	
		屋上	網室	屋上	網室
日本晴	1/2000a	60.4	50.2	5.6	4.3
	1/5000a	19.8	17.1	3.1	2.1
	場所(A)		ns		*
	ポット(B)		**		**
	A×B		ns		ns
中生新千本	1/2000a	61.9	49.7	5.7	4.0
	1/5000a	20.4	18.5	2.6	1.8
	場所(A)		ns		*
	ポット(B)		**		**
	A×B		ns		ns
タカナリ	1/2000a	63.8	56.8	8.1	5.0
	1/5000a	18.4	16.9	3.1	1.9
	場所(A)		ns		**
	ポット(B)		**		**
	A×B		ns		ns

注: N=5 (1/2000a) および10 (1/5000a), 分散分析については*, **はそれぞれ5%, 1%レベルで有意, nsは有意でない。

表3 各試験区における穂数および穎花数

		株あたり穂数		一穂穎花数		株あたり総穎花数	
		屋上	網室	屋上	網室	屋上	網室
日本晴	1/2000a	19.2	12.6	67.8	91.6	1297	1146
	1/5000a	6.3	5.5	72.1	71.0	450	383
	場所(A)		ns		ns		ns
	ポット(B)		**		ns		**
	A×B		ns		ns		ns
中生新千本	1/2000a	17.6	12.8	76.0	91.6	1327	1177
	1/5000a	6.7	5.8	64.2	63.3	414	363
	場所(A)		ns		ns		ns
	ポット(B)		**		**		**
	A×B		ns		ns		ns
タカナリ	1/2000a	15.8	11.0	132.6	174.0	2091	1870
	1/5000a	6.2	5.7	77.2	101.4	468	566
	場所(A)		ns		**		ns
	ポット(B)		**		**		**
	A×B		ns		ns		ns

注: N=5 (1/2000a) および10 (1/5000a), 分散分析については*, **はそれぞれ5%, 1%レベルで有意, nsは有意でない。

よって乾物生産性が劣ることは過去の報告²³⁻²⁶⁾と一致している。

(5) 穂数と穎花数

表3は株あたり穂数、一穂穎花数および株あたり総穎花数を示したものである。穂数は各品種とも屋上の1/2000 aポットがもっとも多く、品種別にみると、日本晴が19本、中生新千本が18本、タカナリが16本程度であった。網室では11~13本の範囲にあり、明らかに屋上が網室より優った。一方、1/5000 aポットでは、屋上、網室ともに穂数は6本程度であり品種間差も小さかった。いずれの場合も、前述の茎数とほぼ一致した。これに対し、1穂穎花数は穂数とかなり異なるパターンを示し、タカナリについては1/5000 aと1/2000 aのポット間差が大きかった。また、1/2000 aの3品種と1/5000 aのタカナリは屋上よりも網室の方が多かった。すなわち、日本晴および中生新千本は1/2000 aポットでは屋上が70~80、網室がおよそ90であり、1/5000 aポットでは、屋上、網室ともに70前後であった。

株あたり穂数と1穂穎花数の積で表した株あたり総穎花数は、1/2000 aポットでは屋上において日本晴と中生新千本が約1300、タカナリが約2100、網室においてそれぞれ約1200、約1900と屋上がやや多い傾向があった。これに対し、1/5000 aポットの株あたり総穎花数は有意に少なく、屋上では3品種ともに400~500、網室では日本晴と中生新千本がおよそ400、タカナリでおよそ600であった。

本実験における穂数に関して、実験場所やポットによる違いは、地上部乾物重の傾向と概ね一致しており、乾物生産性と同様の考察ができる。一穂穎花数については、それが穂数の減少に対して補償作用を有していることを示している。タカナリは屋上と網室の1/2000 aにおいて他の2品種に対して約2倍の穎花数を有したが、1/5000 aでは、他の2品種よりも多いもののその増加は大きく減少した。土壌容積が十分である1/2000 aワグネルポットにおいては、タカナリの品種特性が表われて、一穂穎花数が多かったが、土壌容積が制限されている1/5000 aワグネルポットにおいては、タカナリの一穂穎花数も著しく低下した。

4. ま と め

東京農業大学構内の10号館屋上と作物実験用網室において、日本晴、中生新千本およびタカナリ的水稻3品種をそれぞれ1/2000 aと1/5000 aワグネルポットで栽培し、生育と関連気象条件を調べた。場所による気温や湿度は大きな差がみられなかったが、日射環境には大きな違いがみられた。すなわち、網室で栽培されたイネが受ける日射量は、屋上のその約60%であり、1/2000 aポットについては場所の違いによる乾物重に有意な差が表れた。1/5000 aポットのわらおよび根の乾物重は1/2000 aポットのその30~50%および40~60%であり、明らかに乾物生産は土壌容積の影響を受けた。また、1/5000 aポットの株あたり穂数は品種、場所によらず1/2000 aポットのその1/3~1/2、株あたり穎花数は同じく1/3~1/4に相当した。タカナリのような穂重型品種では、1/2000 aポットでは一穂

穎花数が多いという品種特性が表われたが、土壌容積が制限された1/5000 aポットでは、一穂穎花数が著しく低下し、株あたり全穎花数も低下した。3品種ともに認められた乾物重や穎花数の低下は、根系形成が制限されたためであると考えられた。本実験では、土壌容積に対する施肥量がほぼ一定で、水稻の生育に及ぼす施肥量の影響はきわめて小さいと考えられるので、障害物による日射の減衰がない場合(屋上)はもちろん、減衰が40%である環境下においては、水稻の生育に対し土壌容積が大きな制限因子となる可能性が大きいことが分かった。屋上緑化スペースにイネを導入する際には、軽量化や効率面への考慮から軽量土壌およびそれに代わる資材の利用²⁷⁾やペットボトルの用いた使用土壌の軽減などの試み²⁸⁾がなされている。ポットイネを導入する場合にも土壌容積を小さくすることが望ましいが、本実験の日射環境下ではイネの生育に対し土壌容積の制約が大きいことが示された。

引用文献

- 1) NOWAK, M., 2004, Urban agriculture on the rooftop. URL: <http://www.cityfarmer.org/rooftopthesis.html>.
- 2) REEKIE, E. G. and BAZZAZ, F. A., 1991, Phenology and growth in four annual species grown in ambient and elevated CO₂. Can. J. Bot. 69, 2475-2481.
- 3) 北垣康司・安藤秀俊, 2008, イグサの教材化に関する基礎的研究Ⅱ. 科教研報 23, 13-16.
- 4) 尾関雄一郎・上地由朗・小野文夫・石井俊彦・丹野葉子・桜谷哲夫, 2008, 高層建築物緑化空間の水稲栽培における生産性と気象環境の評価. 日作紀 77 (別2), 324-325.
- 5) 上地由朗・五十嵐大造・桜谷哲夫, 2011, 半日陰の屋外人工空間における水稻の生育. 生物と気象 11, 1-11.
- 6) 堀江 武, 1981, 気象と作物の光合成, 蒸散そして生長に関するシステム生態学的研究. 農技研報 A28, 1-181.
- 7) 平井源一・中條博良・田中 修・奥村俊勝・竹内史郎・平野高司・大森雅代, 1993, 大気湿度が水稻生育ならびに生理に及ぼす影響. 日作紀 62, 395-400.
- 8) 平井源一・奥村俊勝・竹内史郎・田中 修・中條博良・山戸亜里子, 1999, 異なる窒素濃度培地における水稻の乾物生産と窒素吸収に及ぼす大気湿度の影響. 日作紀 68 (別2), 86-87.
- 9) 平井源一・西岡秀明・日尾美菜子・奥村俊勝・稲村達也・北宅義昭, 2004, 主産地が異なる水稻品種の生育・乾物生物生産に及ぼす大気飽差の影響. 日作紀 73 (別1), 152-153.
- 10) 武田友四郎・矢島正晴・下尾 勝, 1970, 水稻個体群の乾物生産に及ぼす風の影響. 日作紀 44 (別号2), 77-78.
- 11) 下野裕之, 2010, 寒冷地における気象変動が水稻の生育・収量に及ぼす影響のモデル解析. 日作紀 79 (別1), 426-429.
- 12) 矢頭 治・青木秀之, 2004, 北陸地域での水稻の自然交雑の要因としての水稻品種の開花時期と風向・風速. 北陸作物会報 40, 15-19.
- 13) 小林和弘・松井 勤・吉本真由美・長谷川利弘, 2008, 開花期前の気温と日射量が水稻の開花時刻に及ぼす影響. 日作紀 77 (別2), 178-179.
- 14) 山本由徳・黒川 洋・新田洋司・吉田徹志, 1995, 遮光および窒素濃度に対する水稻の分けつ反応の品種間差異: 多げつ性半矮性インド型稲と少げつ性日本型稲の比較. 日作紀 64, 227-234.
- 15) 大江真道, 2008, 作物の形態研究法: マクロからミクロまで, 分けつについて. 日作紀 77, 229-232.

- 16) 花田毅一, 1974, 作物の分枝性に関する研究 第8報 異なる照度および温度条件下における水稻品種の分けつ性の差異について, 日作紀 43, 88-98.
- 17) 和田道宏・村上利男, 1975: 分けつ期の水温, 日射および土壤中 N が水稻の生育におよぼす影響. 日本作物学会東北支部会報 17, 20-21.
- 18) 境垣内岳雄・寺島義文・寺内方克・杉本 明・加藤直樹・松崎 誠, 2010, 栽植密度が飼料用サトウキビ KRF093-1 (*Saccharum* spp. hybrid) の新植での生育・収量に及ぼす影響, 日作紀 79, 1-9.
- 19) 宮里清松, 1986, サトウキビとその栽培, 沖縄県糖業振興会, 那覇, 1-364.
- 20) 石川哲也・藤本 寛・桜木信幸・丸山幸夫・秋田重誠, 2003, 水稻品種タカナリの登熟期間の乾物生産と転流に及ぼす気温と日射量の影響, 日作紀 72, 339-344.
- 21) 長田健二・吉永悟志・寺島一男・福田あかり, 2007, 東北地域における寒冷地向け飼料イネ品種・系統の生育・収量および乾物生産特性, 東北農研報 107, 63-70.
- 22) 堀江 武・桜谷哲夫, 1985, イネ生産の気象学的評価・予測法に関する研究. (1) 個体群の吸収日射量と乾物生産の関係, 農業気象 40, 336-342.
- 23) 太田保夫・李 鐘薫, 1970, 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に関する研究, 第1報 草型の異なる品種の地上部諸形質と根の形質との関係. 日作紀 39, 487-495.
- 24) THOMAS, R. B. and STRAIN, B. R., 1991, Root restriction as a factor in photosynthetic acclimation of cotton seedlings grown in elevated carbon dioxide. *Plant Physiol.* 96, 627-634.
- 25) McCONAUGHAY, K. D. M., BERNTSON, G. M. and BAZZAZ, F. A., 1993, Limitations to CO₂-induced growth enhancement in pot studies. *Oecologia*, 94, 550-557.
- 26) 三輪素康・萩原素之・大西政夫・山下和也・井上直人・堀江 武・丸山 悟・俣野敏子, 1994, 水稻品種コシヒカリの安定多収栽培. 1. 多収栽培の成立要因の解析, 信州大学農学部紀要 31, 1-9.
- 27) 相崎守弘, 2008, 島根大学における屋上緑化の取り組み—湿地型屋上緑化を中心として—, 資源生物科学シンポジウム 23, 10-11.
- 28) 根野園芸, 2010, 水稻・屋上緑化システム, URL: http://www.nenoengei.com/engei_suitou.html.

Effects of Different Levels of Solar Radiation and Soil Volume on the Growth and Development of Potted Rice

By

Yoshiaki KAMIJI* and Tetsuo SAKURATANI*

(Received February 24, 2011/Accepted July 22, 2011)

Summary : To obtain basic information on introducing potted rice plants to semi-shaded places in building complexes, the growth and development were investigated under semi-shaded conditions in an experimental net house and at a sunny site on a flat rooftop at the Setagaya Campus of Tokyo University of Agriculture in 2008. The paddy rice cultivars Nipponbare, Nakateshinsenbon, and Takanari were planted in 1/5000 a and 1/2000 a Wagner pots. The daily solar radiation in the net house was approximately 60% of that on the rooftop. There were no large differences in air temperature and vapor pressure deficit between the net house and rooftop. The top dry matter of the rice in the 1/5000 a pots was 40~60% of that in the 1/2000 a pots and the root matter was 30~50%, indicating that the soil volume in the root zone had a large effect on the dry matter production of the rice. There were about 13 panicles per hill in the 1/2000 a pots for all cultivars in the net house, versus 19, 18, and 16, respectively, for the Nipponbare, Nakateshinsenbon, and Takanari cultivars on the rooftop. In the 1/5000 a pots, there were about 6.0 panicles per hill, roughly 1/2 to 1/3 of the number in the 1/2000 a pots for all cultivars on both the rooftop and in the net house. In the 1/2000 a pots, there were 1300, 1300, and 2100 spikelets per hill for Nipponbare, Nakateshinsenbon, and Takanari, respectively, on the rooftop, versus 1200, 1200, and 1900 in the net house. In contrast, in the 1/5000 a pots, there were 400~500 spikelets for all three cultivars, and the difference between the two sites was small. Although we have to design the soil volume to be small because of the weigh, our results suggest that a smaller volume of soil in the root zone limits the growth and development of rice in semi-shaded conditions.

Key words : Dry matter production, Rice plant, Rooftop gardening, Soil volume, Solar radiation environment

* Department of Bioproduction Technology, Junior College of Tokyo University of Agriculture