

異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が水稻の生育に及ぼす影響

玉置雅彦^{*、1)}・猪谷富雄¹⁾・山本由徳²⁾

(¹⁾広島県立大学・²⁾高知大学)

要旨: 有機質肥料 (水溶性タンパク濃厚エキス; N:9.2%, P_2O_5 :2.4%, K_2O :3.1%を含む) と無機質肥料が水稻の生育に及ぼす影響の差異について, 異なる光条件下で検討した. 2.5 葉齢の日本晴苗を 1/2000 a ワグネルポットに移植し, 移植期から止葉展開期まで無遮光と 50%遮光条件下で, 移植期から 10 日毎に有機質肥料 (有機区) と無機質肥料 (無機区) をポット当たり 1 回の施肥量が N:460 mg, P_2O_5 :120 mg, K_2O :155 mg となるように液肥で与えた. 主茎の葉齢の推移は光条件に左右されたが, 肥料の違いによる差は認められなかった. 分げつ発生数は無遮光下では無機区で有機区よりも有意に多かったが, 50%遮光下では逆に有機区で多くなる傾向がみられた. 光合成速度, 葉色 (SPAD) 値および止葉窒素含有率は無機区で有機区よりも高い値を示した. 止葉展開期の地上部乾物重は, 無遮光下では無機区で重かったが 50%遮光下では有機区で重くなった. また, 根乾物重はいずれの光条件下でも有機区で重かった.

キーワード: 水稻, 生育, 光条件, 無機質肥料, 有機質肥料.

近年, 農業による環境汚染への関心の高まり等の理由から有機農法が注目されている. 一般に, 有機質肥料で栽培した水稻は無機質肥料で栽培した水稻に比較して収量が少なく, その主な原因として分げつ数の減少が挙げられている (石附ら 1986 a, b, 中井 1993). 一方, 冷害や日照不足等の異常気象年には, 逆に有機質肥料を施用した水稻の生育の方が優れるといわれる (片野 1990). このように光条件が異なると, 有機質肥料と無機質肥料で水稻の生育に及ぼす影響が異なるとされているが, 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が水稻の生育に及ぼす影響について比較, 検討した報告は無い. この点を明らかにすることで, 有機質肥料および無機質肥料の効果的な用法が期待できる.

そこで本研究は, 異なる光条件下で有機質肥料と無機質肥料を使用し, これらの肥料が水稻の生育に及ぼす影響の差異について明確にすることを目的とした.

材料と方法

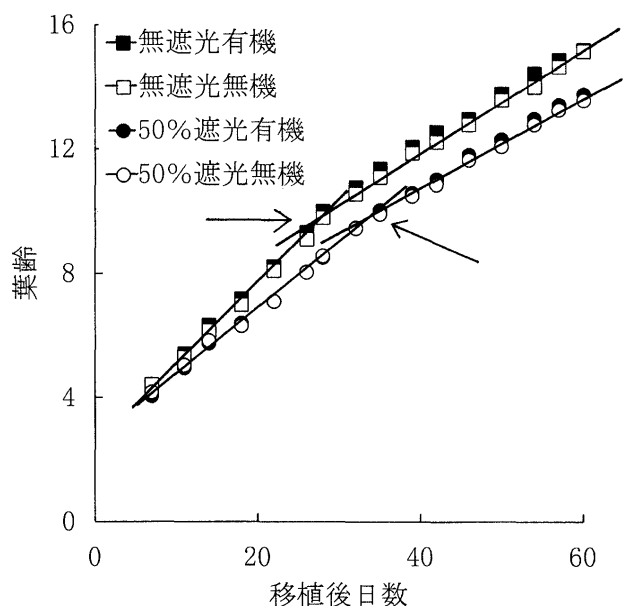
1995 年 6 月 16 日に, 2.5 葉齢の日本晴苗を真砂土を充填した 1/2000 a ワグネルポットに 1 株 1 本で 2 株植した. 光処理区は無遮光と黒色寒冷紗 1 枚で 50%遮光した反復無しの 2 区を設定した. 実験期間中の快晴日の中天時の照度は, 無遮光区で約 10 万 lux (光合成有効放射量: 約 $1800 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) であった. また, 処理区間の気温には差はみられなかった. 肥料は, 有機質肥料として魚肉を酵素分解して精製した水溶性タンパク濃厚エキス (商品名: エキタンエキス (大成農材, 広島), N:9.2%, P_2O_5 :2.4%, K_2O :3.1%) を用いた (有機区). 無機質肥料は, 有機質肥料と N, P_2O_5 , K_2O 成分が等しくなるように硫酸, 燐酸二水素ナトリウム二水和物, 塩化カリを水に溶かした液肥を用いた (無機区). 施肥は移植期から 10 日毎にポット当たり 1 回の施用量が N:460 mg, P_2O_5 :120 mg, K_2O :155 mg となるように, 止葉展開期まで 5 回,

合計 N:2.3 g, P_2O_5 :0.6 g, K_2O :0.775 g を施用した. 供試ポット数は各区とも 10 ポットであった. 遮光処理は, 移植期 (6 月 16 日) から止葉展開期 (8 月 15 日) まで行った. 止葉展開期に収穫し, 各株について草丈, 地上部乾物重, 止葉窒素含有率を測定した. 根乾物重はポットごとに調査し, 1 株重当たりで表わした. 地上部および根乾物重は 80°C で 48 時間通風乾燥後に測定した. 止葉窒素含有率の測定はセミマイクロケルダール法によった. また, 光合成の測定は各処理区とも 4 株ずつを晴天日の午前 10 時から 11 時半の間に携帯型光合成測定装置 (島津製作所 (株), SPH-2 型) を用いて測定した. 葉色は, 全株について葉緑素計 (ミノルタ (株), SPAD-502 型) で調査した. 光合成および葉色の測定は各株の主茎最上位の完全展開葉の, また止葉展開期には止葉の中央部で測定した. 主茎の葉齢と分げつ発生数の調査は, 各処理区とも全株について移植後 1 週間目から週 2 回行った.

結果と考察

第 1 図に各処理区の主茎の葉齢の推移を示した. 葉齢の増加を折れ線回帰モデル (大塚・吉原 1975) を適用して, 出葉転換点を境にした 2 本の直線で近似した. 出葉経過は, とくに出葉転換点前で光条件には強く左右されたが, 肥料の種類の違いによる差は認められなかった. 出葉転換点は無遮光区では有機区, 無機区でそれぞれ移植後 28.1 および 27.9 日目, また 50%遮光区では同 35.0 および 34.9 日目であった (第 1 表). 出葉転換点での葉齢は, 無遮光区では有機区 9.8, 無機区 9.7, また 50%遮光区ではそれぞれ 10.0 および 9.9 であった (第 1 表).

葉齢の増加を移植後日数を X 軸に, 葉齢を Y 軸にとり近似した直線の傾きと切片を, 出葉転換点前後に分けて第 2 表に示した. 近似式の決定係数は各処理区とも 0.996 以上と高い値であったので, 出葉経過は無遮光区, 50%遮光区とも 2 本の直線で示すのが妥当であると判断できた. 近



第1図 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が主茎の葉齢の推移に及ぼす影響。

←: 出葉転換点

似直線の傾きで示される出葉速度は、出葉転換点前には光条件に強く左右されたが、出葉転換点後は光条件の影響は著しく小さくなった。著者ら（玉置・山本 1997）は、遮光と施用窒素量を組み合わせた条件下では、主茎の出葉速度は出葉転換点前には光強度の影響は大きい、出葉転換点後はかなり小さくなることを認めている。さらに著者ら（玉置・山本 1997）は、無遮光下では出葉速度は出葉転換点前後とも施用窒素量に影響されたが、50%遮光下では窒素量の影響はほとんど無かったと報告している。本実験では肥料の窒素含量が等しいので、異なる光条件下で主茎の出葉速度は出葉転換点前後とも肥料の種類に左右されないものと考えられた。

第2図には各処理区の1株当たりの分けつ発生数の推移を示した。無遮光区では両肥料区とも移植後22日目から分けつ数は急激に増加し、同50日目頃まで分けつの増加がみられた。移植後32日目以降は無機区が有機区よりも分けつ発生数は多くなった。最高分けつ数は有機区、無機区でそれぞれ33.3本、43.2本で約10本の差がみられた。

第1表 出葉転換点の時期とそのときの葉齢。

処理区	出葉転換点	
	移植後日数	葉齢
無遮光有機	28.1 b ¹⁾	9.8 ab
無遮光無機	27.9 b	9.7 b
50% 遮光有機	35.0 a	10.0 a
50% 遮光無機	34.9 a	9.9 ab

1) 同一アルファベット間では Duncan の new multiple range test により、5% 水準で有意差がないことを示す。

50%遮光区では実験期間を通して肥料の違いによる分けつ発生数には大きな差は無かったが、有機区の方が分けつ発生数は多い傾向を示した。最高分けつ数は有機区、無機区でそれぞれ11.1本、8.3本であった。本実験の結果は、分けつ発生には照度が関係するという多くの報告（深城 1957, 本田 1977, 関谷 1952, 清水ら 1962, 山本ら 1995, Yoshida and Oritani 1974）と一致した。

次に、出葉転換点前後における分けつ発生数を第3表に示した。無遮光区、50%遮光区とも肥料の種類にかかわらず全分けつの34～39%の分けつが出葉転換点前に発生し、61～66%の分けつが出葉転換点後に発生した。肥料の種類、光条件の違いによって出葉転換点前後における分けつ発生数は異なるが、分けつ発生割合でみると有意な差は認められなかった。

第4表および第5表には光合成速度および葉色 (SPAD) 値を示した。分けつ発生には炭水化物と窒素の供給が必要である（玖村 1956）。光合成速度や葉色値が高いことは、炭水化物と窒素の供給が多いことの指標となるものと考えられる。光合成速度および葉色値とも、いずれの時期においても無遮光区で50%遮光区よりも高かった。肥料の種類との関係では、いずれの光条件下においても無機区の方が有機区よりも光合成速度および葉色値は高い傾向がみられた。

第6表には収穫時の稲体の草丈、地上部および根乾物重、地上部乾物重/根乾物重比 (T/R 比) と止葉窒素含有率を示した。無遮光区では草丈と地上部乾物重は有機区よりも無機区で有意に高い値を示した。中井 (1993) も、自然農法の稲の稈長は慣行農法の稲の稈長よりも低いことを報告している。50%遮光区の地上部乾物重は有機区で有意

第2表 葉齢増加を近似した出葉転換点前後の直線の傾きと切片。

処理区	出葉転換点前			出葉転換点后		
	傾き	切片	r ² ¹⁾	傾き	切片	r ²
無遮光有機	0.261 a ²⁾	2.505	0.999	0.155 a	5.997	0.997
無遮光無機	0.258 a	2.577	0.999	0.157 a	5.591	0.998
50% 遮光有機	0.211 b	2.720	0.998	0.154 ab	4.643	0.998
50% 遮光無機	0.209 b	2.582	0.996	0.151 b	4.629	0.998

1) r²: 決定係数。

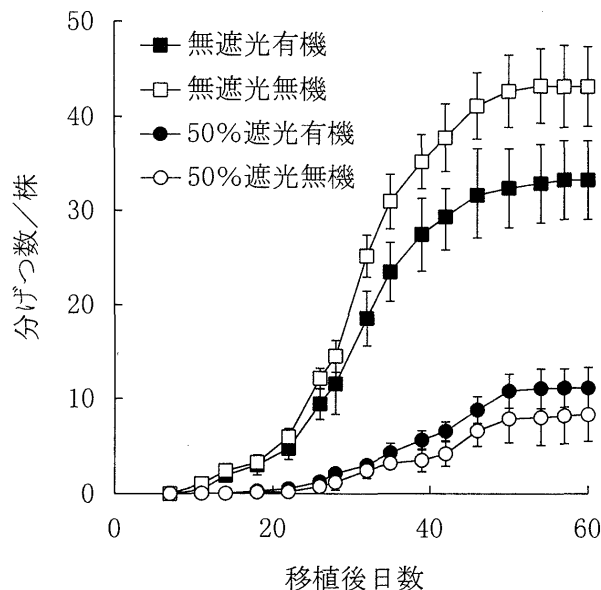
2) 同一アルファベット間では Duncan の new multiple range test により、5% 水準で有意差がないことを示す。

第3表 出葉転換点前後における分げつ発生数。

処理区	分げつ発生数		
	出葉転換点前	出葉転換点后	合計
無遮光有機	11.6 b ¹⁾ (34.8 a)	21.7 b (65.2 a)	33.3 b (100)
無遮光無機	14.5 a (33.6 a)	28.7 a (66.4 a)	43.2 a (100)
50% 遮光有機	4.3 c (38.7 a)	6.8 c (61.3 a)	11.1 c (100)
50% 遮光無機	3.2 c (38.6 a)	5.1 c (61.4 a)	8.3 c (100)

() 内の数字は、分げつ発生数の合計に対する割合を示す。

1) 同一アルファベット間では Duncan の new multiple range test により、5% 水準で有意差がないことを示す。



第2図 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が分げつ発生に及ぼす影響。
縦棒は標準偏差を示す。

に高い値を示したが、草丈には有意な差は無かった。地上部乾物重の差異は、第2図で示した分げつ数の差が関係しているものと考えられた。根乾物重は、いずれの光条件下においても有機区の方が有意に重かった。その結果、T/R比はいずれの光条件下においても無機区で高くなった。有機質肥料で栽培した水稻の根の生育は、無機質肥料で栽培した水稻の根の生育よりも優れるといわれている(片野ら 1987, 中井 1993, 田中ら 1979)。小林 (1981) は、無機質肥料を施すとは有機質肥料を施した場合に比べて根の生育が悪く T/R 比は大きくなり、異常気象に弱くなることを示唆している。止葉窒素含有率は、いずれの光条件下でも無機区の方が有機区よりも有意に高かった。この結果は、光合成速度 (第4表) および葉色値 (第5表) の結果を裏付ける結果であった。

無遮光区では有機区に比べて無機区で分げつ数が有意に増加したのは、光合成速度、葉色値、止葉窒素含有率が有機区よりも無機区で高い値を示したことから、有機区の肥効が緩効的であるため(野口 1992)に窒素吸収量に差が

第4表 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が光合成速度に及ぼす影響。

処理区	移植後日数 ¹⁾	
	47 日目 (CO ₂ mg dm ⁻² h ⁻¹)	60 日目 (CO ₂ mg dm ⁻² h ⁻¹)
無遮光有機	16.77 b ²⁾	16.33 b
無遮光無機	19.15 a	18.70 a
50% 遮光有機	13.74 c	13.52 c
50% 遮光無機	15.91 bc	15.71 bc

1) 47 日目：分げつ終期, 60 日目：止葉展開期。

各期とも主茎の最上位完全展開葉身の中央部で測定。

2) 同一アルファベット間では Duncan の new multiple range test により、5% 水準で有意差がないことを示す。

第5表 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が葉色 (SPAD) 値に及ぼす影響

処理区	移植後日数 ¹⁾		
	39 日目	47 日目	60 日目
無遮光有機	45.0 b ²⁾	44.8 b	44.2 b
無遮光無機	47.8 a	47.6 a	46.6 a
50% 遮光有機	42.4 c	42.1 c	42.0 c
50% 遮光無機	44.5 bc	43.8 bc	43.4 bc

1) 39 日目：分げつ中期, 47 日目：分げつ終期, 60 日目：止葉展開期。

各期とも主茎の最上位完全展開葉身の中央部で測定。

2) 同一アルファベット間では Duncan の new multiple range test により、5% 水準で有意差がないことを示す。

あったことが一因と考えられた。しかし、50%遮光区で有機区の分げつ発生数が無機区に比べて多い傾向を示したことは、冷害や日照不足等の異常気象年に有機質肥料を施した水稻の生育が無機質肥料を施した水稻の生育に比べて優ったとする結果(片野 1990)と一致するものであった。

分げつ発生数の差異については、分げつ発生は一種の頂芽優勢現象であり、施用肥料の差による体内のホルモンレベルの差に支配されたとも考えられる。水稻の根で生成されたサイトカイニンは地上部へ移行(Yoshida and Oritani 1974)し、分げつ発生に関与している(花田・今井 1971, 金・花田 1993)と報告されている。また、金・

第6表 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が止葉展開期の草丈、地上部および根乾物重、T/R 比と止葉窒素含有率に及ぼす影響。

処理区	草丈 (cm)	地上部乾物重 (g/株)	根乾物重 (g/株)	T/R 比	止葉窒素 (%)
無遮光有機	74.25 b ¹⁾	92.63 b	9.94 a	9.32	1.53 c
無遮光無機	79.56 a	100.45 a	8.72 b	11.52	1.73 b
50% 遮光有機	70.76 c	33.98 c	3.16 c	10.75	1.61 bc
50% 遮光無機	69.81 c	30.42 d	2.21 d	13.76	1.96 a

1) 同一アルファベット間では Duncan の new multiple range test により、5% 水準で有意差がないことを示す。

花田 (1993) は水稻の根に 10^{-5}M 、 10^{-6}M 、 10^{-7}M のカイネチンを施したところ、いずれの濃度においても 60~65% の遮光下では分げつ発生数は促進されるが、自然光下では抑制または抑制される傾向があったと報告している。したがって、無遮光区の有機区では根の生育が活発なためカイネチン生成量が多く、このことが無機区に比べて分げつ発生数が少なくなった一因と考えられた。逆に、50% 遮光区では有機区で根の生育が良く、カイネチン生成量が多くなり、50% 遮光条件と相まって分げつ発生数は無機区よりも促進されたと推定された。

以上の結果から、水稻の生育は日射量が十分に確保される水田や良好な天候が期待される年には、有機質肥料よりも無機質肥料の施用が優れ、日射量が十分に確保されない水田や日照不足等の異常気象が予想される年には、有機質肥料の施用が優れると推察された。

引用文献

- 深城貞義 1957. 稲の分蘖に関する研究. VIII. 日照度が稲の分蘖に及ぼす影響に就いて. 香川大農学報 8: 240—242.
- 花田毅一・今井勝 1971. 作物の分枝性に関する研究. 第13報 人工培養基上における水稻の生長中ならびに生長停止分げつ芽の生長に及ぼす IAA 及びカイネチンの濃度の影響. 日作紀 40(別1): 189—190.
- 本田強 1977. 水稻の分げつに関する研究. とくに物質生産と生長および配分の関係. 東北大農研報 28: 171—312.
- 石附三喜男・高井陽一・片野学 1986a. 自然農法水田における水稻栽培に関する研究. 第12報 新潟県における自然農法水稻の収量、生育特性について. 日作紀 55(別1): 84—85.
- 石附三喜男・高井陽一・片野学 1986b. 自然農法水田における水稻栽培に関する研究. 第13報 新潟県における増収への方策、とくに有機物施用について. 日作紀 55(別1): 86—87.
- 金留福・花田毅一 1993. 水稻の分げつの発育に及ぼすカイネチンの影響. 日作紀 62: 228—235.
- 片野学・岡村文生・黒木繁・荻貴男 1987. 自然農法水田における水稻栽培に関する研究. 第24報 農法を異にした水田で生育した水田の根群について. 熊本県下の一事例. 日作紀 56(別2): 57—58.
- 片野学 1990. 自然農法のイネづくり. 農文協, 東京. 1—246.
- 小林達治 1981. 自然農法における土壤微生物. 自然農法研究. 環境科学総合研究所, 京都. 109—119.
- 玖村敦彦 1956. 水稻における葉身の窒素濃度が収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 24: 177—180.
- 中井弘和 1993. 自然農法に適応するイネ品種の育成. 近畿作育研究 38: 87—92.
- 野口勝彦 1992. 有機質肥料と土壤微生物 [3]. 農と園 67: 883—886.
- 大塚雅雄・吉原雅彦 1975. 1 ないし 2 の折曲点をもつ折れ線モデルのあてはめ. 応用統計学 5: 29—39.
- 関谷福司 1952. 水稻幼作物の分蘖源基及び分蘖芽に関する研究. 第2報 光が分蘖源基及び分蘖芽の発育に及ぼす影響 (予報). 日作紀 20: 247—249.
- 清水強・関口貞介・盛田英夫・須崎睦夫 1962. 主要作物の収量予測に関する研究. VIII. 水稻の分げつ発生に対する日射の影響. 日作紀 31: 141—144.
- 玉置雅彦・山本由徳 1997. 遮光および施用窒素量が水稻の出葉速度と分げつ発生に及ぼす影響. 一とくに出葉転換点に着目して. 日作紀 66: 29—34.
- 田中典幸・有馬進・棚町幹雄 1979. 水稻根群の生育に及ぼす有機物の施用効果について. 日作九支報 46: 9—12.
- 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げつ反応の品種間差異. 一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.
- Yoshida, R. and T. Oritani 1974. Nitrogen metabolism in crop plants. VIII. Effects of nitrogen top dressing on cytokinin content in the root exudate of rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 43: 47—51.

Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on the Growth of Rice Plants under Different Light Intensities : Masahiko TAMAKI^{*1)}, Tomio ITANI¹⁾ and Yoshinori YAMAMOTO²⁾ (¹⁾*School of Bioresources, Hiroshima Prefectural Univ., Shobara, 727-0023, Japan*; ²⁾*Fac. of Agr., Kochi Univ.*)

Abstract : Effects of organic fertilizer (liquid concentrated protein extract ; N : 9.2%, P₂O₅ : 2.4%, K₂O : 3.1%) and inorganic fertilizer on the growth of rice plants were studied under various light intensities. Rice seedlings (cultivar ; Nipponbare) of 2.5-leaf age were transplanted in 1/2000a Wagner pots, and were fertilized with the water solution of organic (organic plot) and inorganic fertilizers (inorganic plot), every ten days after transplanting, under 0 and 50% shading from transplanting until the flag leaf expansion. The amounts of N, P₂O₅ and K₂O (460, 120, 150 mg per pot, respectively) applied was adjusted to be the same. Leaf emergence rates of main stem were affected by light intensity, but not by fertilizing. More tillers emerged in the inorganic plot than organic plot without shading. Under 50% shading, the organic plot seemed to produce more tillers than the inorganic plot. Photosynthetic rate, leaf color (SPAD) value and N content of flag leaf were higher in inorganic plot than in organic plot. Top dry matters at the stage of flag leaf expansion were heavier in inorganic plot under no shading, and heavier in the organic plot under 50% shading. Root dry matter at the same stage was heavier in organic plot under both light intensities.

Key words : Growth, Inorganic fertilizer, Light intensity, Organic fertilizer, Rice plant.

書評

「園芸療法のすすめ」 吉長元孝・塩谷哲夫・近藤龍良 編. 創森社, 東京, 1998年, 301頁, 2667円.

園芸療法の効果を分析すると次の三つになる。1)美しい庭園の中にいるだけで良い気分になり落ち着く, という環境の効果。2)園芸作業そのものの楽しみ, やりがいなどからくる行動的效果。3)療法士が障害者と植物を媒体としてコミュニケーションをはかることによって得られる心理的效果。これらが相乗的に作用し, よりいっそうの効果を発揮する。

最近, 耳にするようになってきた園芸療法について, 具体的事例を盛り込んだ有益な資料として出版されたのが本書である。園芸療法とは, 花・野菜など植物を栽培する園芸作業に携わることを通じて, 高齢者や精神的・肉体的・社会的に何らかのハンディキャップのある人々の社会的適応能力や身体活動の動作能力の改善・向上を図ろうとする作業療法の一環と位置付けられている。洋の東西を問わず, 花・植木・ハーブなどの植物, それらが作り出す雰囲気, 景観, そしてそれらを育てる作業が, ハンディキャップのある人々のみならず, 健康者も含めて人間の心に安らぎを与えることは昔から良く知られていた。アメリカ合衆国では第二次大戦後, 傷痍軍人のリハビリテーションや障害者の職業訓練に作業療法を導入して効果をあげた。これが園芸療法としてイギリスやドイツなどでも広範に展開されるようになり, その効果が医学的にも評価されつつあるようである。我が国でも園芸療法の取り組みが医療, 福祉関係者が中心となって始められている。いっそうの高齢化の進行, 各種障害者の増加が懸念される現在, 園芸療法の役割が期待されている。

本書は, 園芸療法についての理解を深め日本において園芸療法の定着・普及の条件や方向を追求する方々, さらに園芸や園芸療法に関心のある方々にとって有益な書である。

(広島県立大学 玉置雅彦)