

琉球大学学術リポジトリ

ギンゴウカン群落に関する研究 (II) :
土壌水分及び施肥条件の違いが初期生長に及ぼす影
響(林学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中須賀, 常雄, 馬場, 繁幸, 神山, 宗久, Nakasuga, Tsuneo, Baba, Shigeyuki, Kamiyama, Munehisa メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4013

ギンゴウカン群落に関する研究 (II)

土壤水分及び施肥条件の違いが
初期生長に及ぼす影響

中須賀常雄*・馬場繁幸*・神山宗久*

Tsuneo NAKASUGA, Shigeyuki BABA and Munehisa KAMIYAMA : Studies on Gingoogan (*Leucaena latisiliqua* (L.) GILLIS) Community (II) Effects of different fertilization and soil conditions on early growth in seedling

Summary

Effects of fertilization and soil moisture content on early growth of *Leucaena latisiliqua* seedlings in a greenhouse were studied from May to November 1981. The results were summarized as follows :

1. In the fertilized condition (four hundred times the nutrient liquid, pF1.8), growth of seedlings was 120-130 percent of the control (non-fertilized, pF1.8). Effects of fertilization occurred in increased number of internode (Table 1 and 3).

2. In the dry soil moisture conditions past the growth hindrance point (pF3.0), early growth of seedlings decreased markedly. Elongation and weight growth were about 20-30 percent of the control, and diameter growth was about 50 percent (Table 3).

3. Under the dry soil moisture conditions, foliage of seedlings changed morphologically. The average length of main rachis, rachis and leaflet decreased (Table 3). Foliage changed into dwarf type to resist extreme water stress.

4. Seedlings remained alive for one month under the permanent wilting point of soil moisture content, and then new shoots sprouted less than three weeks after rewatering.

5. It can be concluded that growth of *L. latisiliqua* seedlings is controlled markedly under extreme water stress by dry soil moisture potentials past the growth hindrance point (pF3.0). Concerning individual survival, the seedling has a strong tolerance to extreme water stress.

* 琉球大学農学部林学科

はじめに

ギンゴウカン (*Leucaena latisiliqua* (L.) GILLIS*)は中部アメリカ原産のマメ科の樹木で、本県へは明治末に導入されている。有用樹種として導入された本樹種は生産様式の変化に伴ない利用法がなくなり、また、到る所に逸出して繁茂し、現在では本県における有害樹種の代表とまで言われている。そのため土地の有効利用を図る上で、その取り扱いは大きな問題となっており、野外における本群落の人為的コントロールに関する研究^{1,6,7,17)}も実施されている。また、本樹種は最近バイオマスの面から注目され³⁾、本県へもSalvador-typeの高木型系統の導入が試みはじめられているが、現存する低木型のHawaiian-type導入の失敗を再びくり返さないためにも、また両タイプの雑種²⁾の問題を引き起さないためにも本樹種に関する基礎的研究が重要である。筆者らは本樹種の樹種特性を明らかにするため、基礎的調査研究^{8,9,11,12)}を続けているが、本論では土壌含水率及び施肥に対する初期生長反応について報告する。

本研究の実施に当り、種子採集をして頂いた本学熱帯造林学教室の田中隆行君をはじめ、種々の御協力を頂いた長嶺由秀、大西信吾、小浜克也、比嘉 博、金城克明、久保 茂の諸君に、特記して御礼申し上げます。

材料及び方法

実験に供した種子は1981年2月八重山地方西表島にて採集し、実験開始まで冷貯蔵しておいた。実験は以下のⅠ)～Ⅲ)より成り、いずれの実験とも、本学構内のガラス室において実施した。

実験Ⅰ) 発芽後25日目から水ストレスを与えた時の生長

実験は1981年8月末より10月までに実施した。土壌水分はあらかじめ求めておいた土壌含水率—土壌水分張力関係¹⁰⁾を用いて重量法によって管理した。ポットは上部径28cm下部径23cm、深さ29cmの市販ポリバケツの底に1cm厚さにパミスを敷き、その上に2,000gのパーミキュライトを入れたものを使用した。8月22日に発芽促進処理¹¹⁾をした種子を各ポットに7粒ずつ播種し、8月27日に全個体の子葉が展開した実生をpF 1.8の水分張力で管理した。処理前は全ポットに約4日毎に市販のハイポネックス液の400倍液を500ml/ポットあて施用した。培土のpHは実験期間を通して6.0～7.0であった。実験期間中の平均気温は26.2℃であった。処理は発芽後25日目から開始し、次の4区を設定した。処理前と同様に施肥しpF 1.8で管理した施肥区、施肥を中断し土壌水分のみpF 1.8で管理した対照区、同じくpF 3.0及びpF 3.5で管理した乾燥区である。処理ポットは各区3ポットである。

生長経過は処理前1回、処理後4回の計5回、各処理区より3本あて平均苗高に近いものを掘り取り、胚軸長、主軸長、羽軸長、葉軸長、葉数、葉軸数、小葉数、胚軸重、主軸重、葉重、根重について測定した。

実験Ⅱ) 発芽後80日目から水ストレスを与えた時の生長

実験は1981年5月下旬より11月上旬までに実施した。使用した種子は実験Ⅰ)と同じで、5月15日に発芽促進処理をおこないパーミキュライト発芽床で発芽させ、5月17日～19日にポットに移植した。ポットは実験Ⅰ)と同じものを使用した。移植は1ポットに15個体ずつとし、15日後に平均苗高に近い5本を残し他を間引きした。その後、実生苗が急速に生長しはじめたため、67日目に平均主軸長に近い健全な3個体を残し他を間引きし、処理開始時には1ポット1本仕立てとした。処理前及び処理区の管理は

*Syn.: *Leucaena leucocephala* de Wit

実験Ⅰ)と全く同様である。処理開始後pF 3.0区では2日目に、pF 3.5区では4日目に所定の水分張力に達した。各処理区のポット数は各区5ポットとした。実験期間中の気温を測定期間毎にFig. 4に示したが、最高29℃、最低22℃、全期間の平均気温は26℃であった。

主軸長及び根元直径は実生下部のマーキングを基点として頂端まで、及びその部位を処理前4回、処理後9回、適宜全個体について測定し、また各節間長も合せて測定した。葉の形態については羽軸長、葉軸長、小葉長、葉数及び小葉数について測定した。重量生長の測定には伸長生長が中位の個体を掘取って主軸、葉及び根に区分し（側枝は枝軸と葉に区分し、各々主軸と葉に加えた）、処理前5回、処理後3回の計8回実施した。

実験Ⅲ） 永久萎凋点以上の水ストレスを与えた時の生育反応

実験Ⅱ)と同様に育成した実生苗を発芽後80日目より給水を停止し自然乾燥させ永久萎凋点に達した後（約120日後）、1ヶ月間そのままの状態で管理し、150日後に圃場含水量にもどして実生苗の生育反応について実験した。

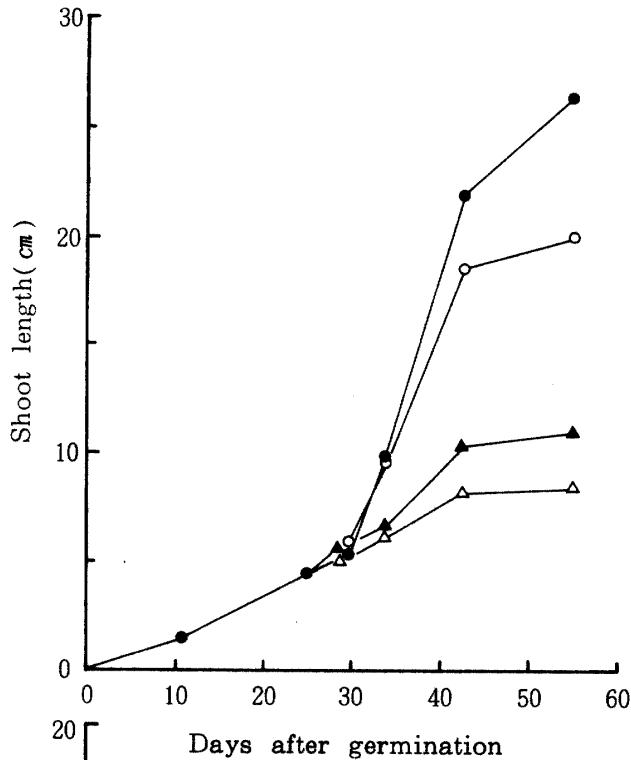


Fig.1 Total shoot elongation growth of *Leucaena latisiliqua* seedling treated from 25 days after germination.

Closed circles show fertilization condition, pF1.8; open circles, pF1.8 soil moisture condition; closed triangles, pF 3.0 soil moisture condition; open triangles, pF3.5 soil moisture condition

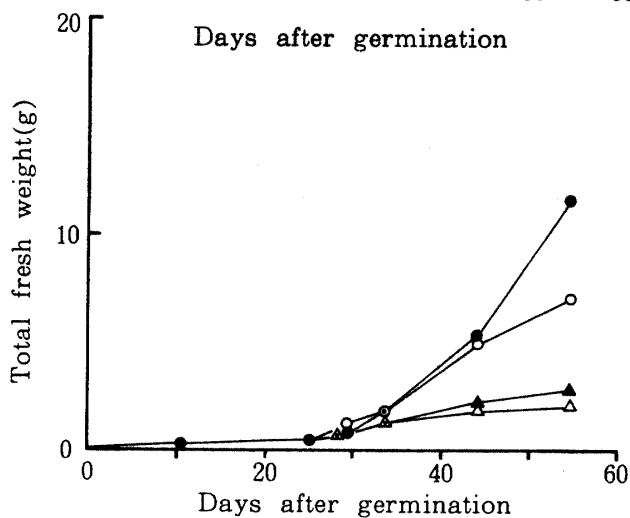


Fig.2 Total fresh weight growth of *L. latisiliqua* seedling treated 25 days after germination. The symbols are the same as in Fig.1

結果及び考察

実験 I)

主軸伸長及び重量生長の経過をFig.1及び2に示した。主軸伸長は処理後10日目には生長差が明瞭となり、施肥区・対照区≫pF 3.0区・pF 3.5区となっている。20日後には4処理区の差ははっきりとし、施肥区>対照区≫pF 3.0区>pF 3.5区の順となる。1ヶ月後には同順で生長差が著しくなり、平均主軸長は順に26.4 cm (133), 19.9 cm (100), 10.9 cm (55)及び8.5 cm (43)であった。

重量生長*の経過は伸長生長とほぼ同様であるが、前者が後者より幾分遅れるため、処理の影響も少しおくれであらわれている (Fig. 2)。処理20日後には施肥区・対照区≫pF 3.0区・pF 3.5区、同1ヶ月後には施肥区>対照区>pF 3.0区>pF 3.5区の順で、各々、11.7 g (172), 6.8 g (100), 2.8 g (41)及び2.0 g (29)であった。

Table 1. Average length and number characteristics of foliage of seedlings at one month after treatment. Seedlings were treated from 25 days after germination

Parts	1	2	3	4	5	6
Treatment						
Fert. (pF 1.8)	9.0	8.2	8	13	13	26.4 (133)
Cont. (pF 1.8)	8.9	6.5	6	11	13	19.9 (100)
Dry (pF 3.0)	5.0	5.3	4	12	10	10.9 (55)
Dry (pF 3.5)	4.5	4.7	4	11	9	8.5 (43)

1; length of main rachis (cm)

2; length of rachis (cm)

3; number of rachis

4; number of leaflet

5; number of node in stem

6; shoot length (cm)

葉の形態変化をTable 1に示した。本樹種は2回羽状複葉であるが、羽軸長、葉軸長とも施肥区が最大で、土壌水分が減少し水ストレスが大きくなるとその影響は強く現われ、pF 3.5区の羽軸長は対照区の半分しかない。葉数、葉軸数、小葉数及び主軸の節間数も施肥区>対照区>pF 3.0区>pF 3.5区の順で、この時点で施肥効果は葉では葉軸、小葉部にあらわれており、土壌水分減少による水ストレスの影響は葉全体にあらわれている。特に羽軸長の減少が著しく、葉器官としては土壌乾燥による小型化の傾向を示している。

実験 II)

処理開始前までの各測定時における主軸長分布をFig.3に示した。発芽後30日目の測定は15日目に間引きし、また生長速度が大きくないことから9cmを頂点とする分布幅の狭い正規分布型となった。その後生長と共に分布幅が広がり、50日後には33cmを頂点とするやや右偏、左下りの分布型となった。65日後には54cmを頂点とする分布幅の広い正規分布型を示している。67日目に2回目の間引きを実施した結果、個体間の生長差が大きくなり、80日後には75cmを頂点とする左偏、右下りの分布型となった。処理開始にあたって右偏りの個体を間引きし、75cmを頂点とする分布幅の狭い正規分布型とした後、全ポットを4処理区に区分した。各処理区の平均主軸長は施肥区と対照区が75cm、pF 3.0区とpF 3.5区が76cmであった。

*乾重比は施肥区で葉が22%、茎が30%、根が27%であった。

中須賀ほか：ギンゴウカン群落に関する研究（Ⅱ）

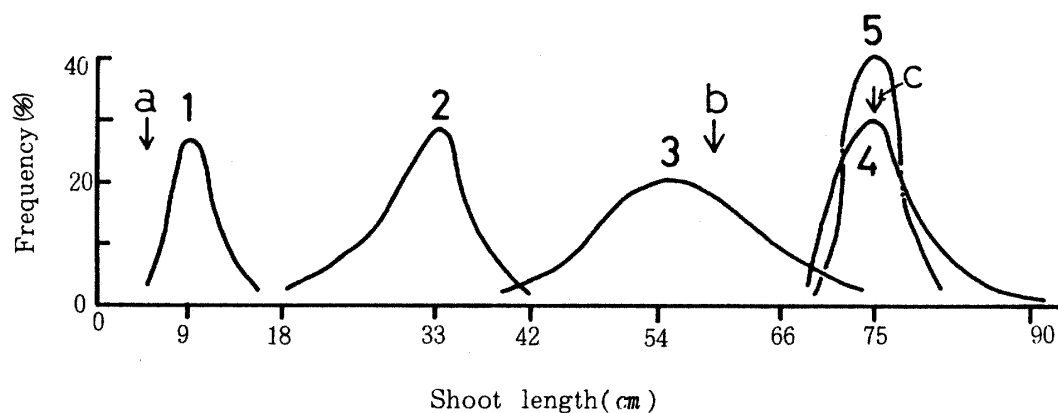


Fig.3 Distributional pattern of shoot length of *L. latisiliqua* seedling during pre-treatment.
 1; 30 days after germination 2; 50 days 3; 65 days 4; 80 days 5; at the beginning of the treatment a; the first thinning. b; the second thinning c; the third thinning

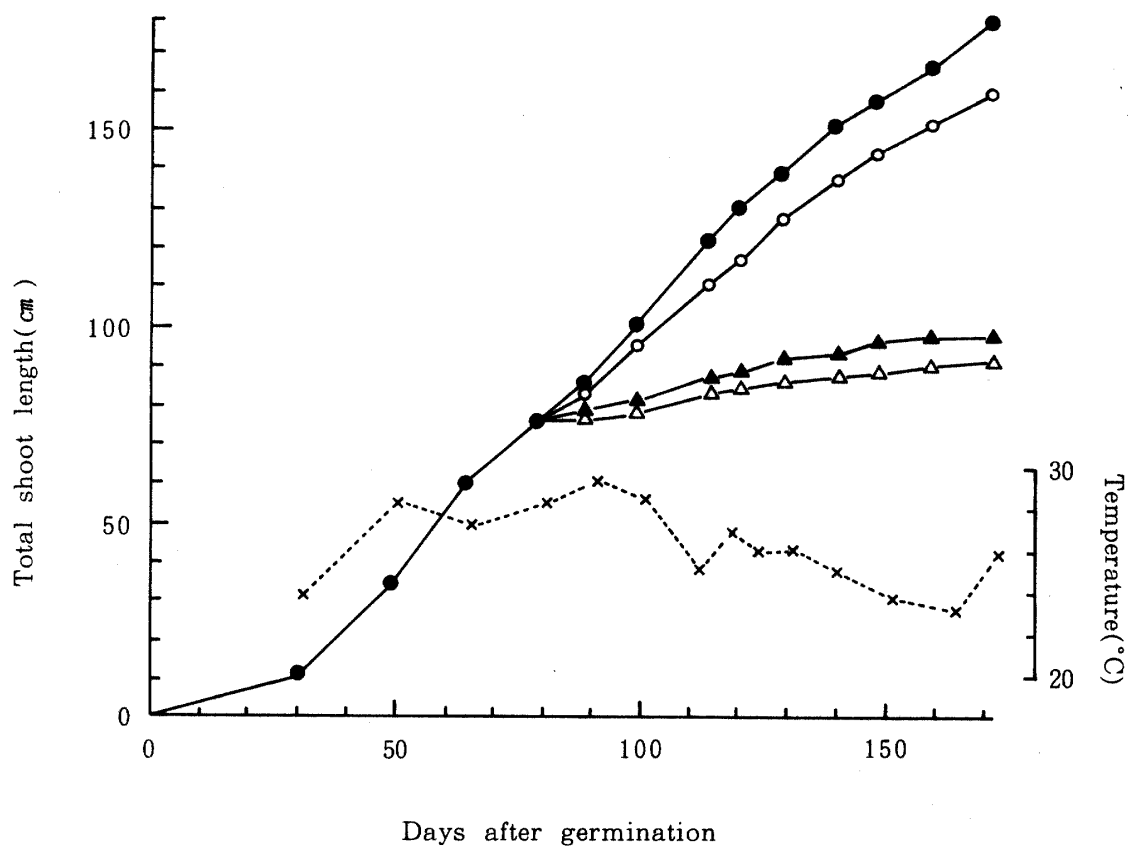


Fig.4 Total shoot elongation growth of *L. latisiliqua* seedling treated from 80 days after germination and the mean temperature in the greenhouse is given for each measuring period during the experiment. The symbols are the same as in Fig.1

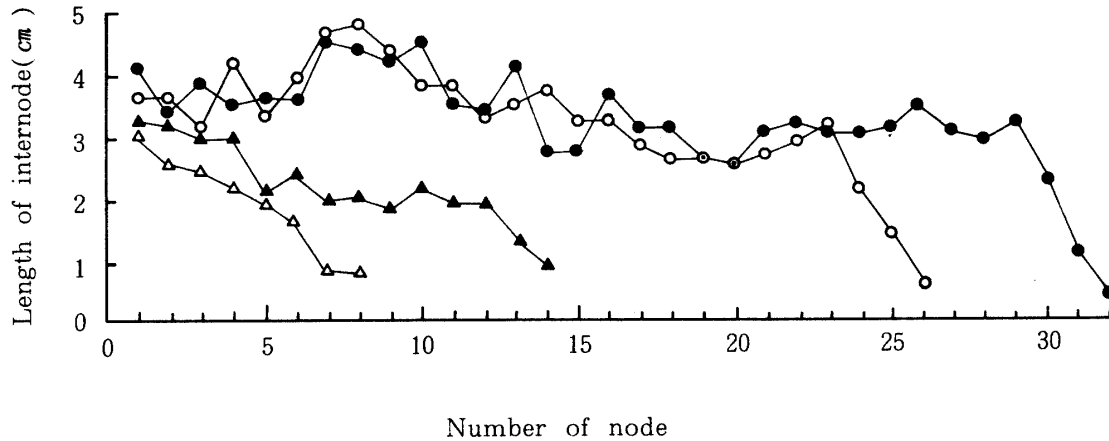


Fig.5 The course of internode growth of *L. latisiliqua* seedling after treatment. The symbols are the same as in Fig.1

主軸伸長の経過をFig.4に示した。発芽後1ヶ月間の伸長量は小さく、主軸長は約10cmであった。その後急速な伸長を開始し、2ヶ月後の主軸長は約50cm、処理開始時(80日後)の主軸長は75.5cmであった。処理開始後も生育条件の変化していない施肥区では直線的に伸長し、処理後3ヶ月目には177cmに達した。施肥をしていない対照区でも生長はほとんど衰えず3ヶ月後には160cmに達した。一方、乾燥区のpF 3.0区及びpF 3.5区では処理開始後1週間目には早くも影響がみられ、生長勾配が大きく減少し、以後そのゆるやかな勾配で伸長した。処理3ヶ月後の主軸長はpF 3.0区で97cm、pF 3.5区で90cmであった。処理後の伸長量でみると、施肥区で102cm(120)、対照区で85cm(100)、pF 3.0区で21cm(25)、pF 3.5区で14cm(16)となった。

各処理区における平均節間長の変化をFig.5に示した。処理開始から3ヶ月間の平均節間数は施肥区で32節、対照区で26節、pF 3.0区で14節、pF 3.5区で8節と施肥及び土壌水分の影響が明瞭であった。頂端部の節間、施肥区と対照区では3節間、pF 3.0区とpF 3.5区では2節間は測定の時点でまだ伸長が完了していないため、その長さが短くなっている。節間数は異なるが節間長でみると施肥区と対照区はほぼ同じ傾向で変化しているものとみなせる。pF 3.0区とpF 3.5区では処理後すぐに影響があらわれて節間長が短くなり、pF 3.0区では第5節間で急激に激少し、その後はほぼ平衡かあるいはゆるやかに減少している。pF 3.5区でははっきりと上部の節間ほど長さが短くなる傾向にある。

これらのことから、主軸伸長量は土壌

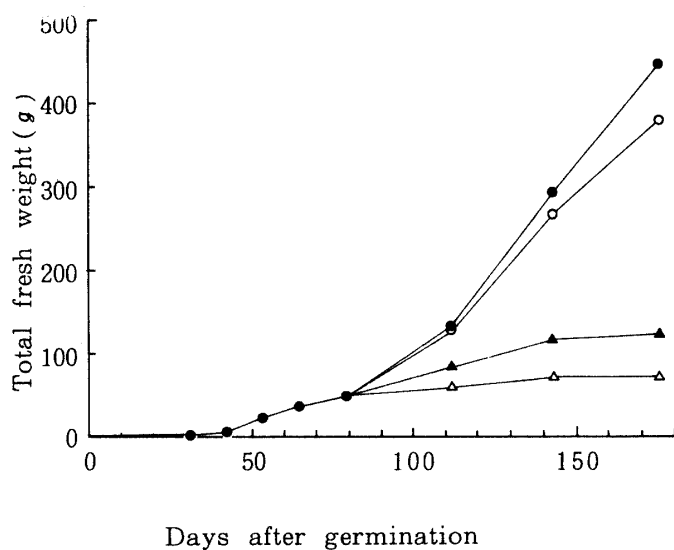


Fig.6 Total fresh weight growth of *L. latisiliqua* seedling treated from 80 days after germination. The symbols are the same as in Fig.1

水分が生長障害水分点のpF 3.0以上の水ストレスが生じると著しく減少することがわかり、pF 3.0区では対照区の25%、pF 3.5区では16%の伸長量であった。施肥区と対照区との主軸伸長量の差は節間数の違いによるものであり、対照区とpF 3.0区、pF 3.0区とpF 3.5区のそれは節間長および節間数の違いによるものといえる。土壌水分の減少に伴う水ストレスに対する本樹種の伸長生長反応は分裂の遅れによる節間数の減少、節間長の短小化現象としてあらわれ伸長量は著しく抑制された。

重量生長^{*}の経過をFig. 6に示した。伸長生長に比較して約2週間遅れて、発芽後45日目頃から増大しはじめ、処理開始時の全生重量は45gであった。処理開始後、施肥区では急速な生長を続けて3ヶ月目には442gに達した。処理後の生長量は対照区で329g(100)、施肥区で397g(121)、pF 3.0区で75g(23)、pF 3.5区で30g(9)と土壌水分の減少による水ストレスによって著しく抑制された。

茎、葉及び根の全生重量に占める割合を処理後3ヶ月目でみると、対照区と施肥区ではほぼ同じで27~28%、28~27%及び45%、pF 3.0区では27%、23%、50%、pF 3.5区では33%、12%及び55%と土壌水分が減少すると茎及び根の比率が増加し、葉のそれが減少する傾向を示している。

Table 2. Total dry weight of root and its composition of seedling at three months after treatment. Seedlings were treated from 80 days after germination

Treatment	Total dry weight (g)	Root composition (%)		
		Main root	Lateral root	Rootlet
Fert. (pF 1.8)	69	35	28	37
Cont. (pF 1.8)	61	41	19	40
Dry (pF 3.0)	25	43	16	41
Dry (pF 3.5)	21	43	15	42

根系を主根、側根及び細根に区分して、その構成比をTable 2に示した。施肥区では他区に比較して主根の比率が小さく、側根の比率が大であるが、その他では明瞭な変化はみられない。しかし、土壌水分が減少すると主根及び細根の比率が増加し、側根のそれが減少する傾向がみられる。

以上のように重量生長においても伸長生長と同様に施肥効果がみられ、土壌水分減少に伴う水ストレスの影響は大きく、pF 3.5区では特にそれが著しかった。

根元直径の肥大生長についてみると、処理開始前の平均直径0.7cm(100)で、処理後3ヶ月目の各区のそれは施肥区1.6cm(229)、対照区1.5cm(214)、pF 3.0区1.2cm(171)、pF 3.5区1.1cm(157)と他の生長と同様に土壌水分が減少すると肥大生長も減少したが、その減少率は他の生長に比較して小さかった。

培土の土壌水分量及び施肥の違いに対する生長反応は伸長、重量及び肥大生長ばかりでなく葉においても明瞭にあらわれた。処理3ヶ月後の各処理区の葉の形態の測定結果をTable 3に示した。葉重比(地上部全重に占める葉重の割合)は施肥区、対照区及びpF 3.0区では48~50%とほぼ同じであるが、pF 3.5区では26%と急減している。処理前の平均葉重量は13.35gであったが処理期間中にそれは落葉し、処理後に形成された葉は対照区で103g(100)、施肥区で121g(117)、pF 3.0区で29g(28)、pF 3.5区で9g(9)と生長障害水分点以上の水ストレスによって著しく抑制された。平均着生葉数は対照区と施肥区で30葉、pF 3.0区で12葉、pF 3.5区で7葉と生長障害水分点以上で急減している。羽軸長、葉軸長及び小葉長はTable 3に示したように土壌水分の減少に伴ない短くなっており、土壌が乾燥すると葉

* 乾重率は施肥区で葉が23%、茎が39%及び根が35%であった。処理区によってその値は異り、根では施肥区の35%からpF 3.5区の51%とpF値が大となると、比も増加した。

Table 3. Average length and number characteristics of foliage of seedlings at three months after germination. Seedlings were treated from 80 days after germination

Parts	1	2	3	4	5	6	7	8
Treatment								
Fert. (pF 1.8)	16.9	8.7	1.5	30	6.5 (104)	246 (120)	121 (117)	49
Cont. (pF 1.8)	15.3	7.4	1.5	30	6.3 (100)	205 (100)	103 (100)	50
Dry (pF 3.0)	12.8	6.4	1.4	12	5.9 (95)	60 (29)	29 (28)	48
Dry (pF 3.5)	11.0	5.6	0.9	7	5.8 (93)	34 (17)	9 (9)	26

1; length of main rachis (cm)
 3; length of leaflet (cm)
 5; number of rachis
 7; fresh weight of foliage (g)

2; length of rachis (cm)
 4; number of leaf
 6; fresh weight of tops (g)
 8; foliage ratio (foliage/tops)

が小型化することを示している。また、施肥区ではいずれの項目も対照区より小さいものもなく、施肥の効果も明らかに認められる。

各処理区における葉面積の変化を Fig. 7 に示した。処理開始時の平均葉面積は $61 \text{ cm}^2/\text{本}$ であったが、処理期間中にそれは落葉した。処理後形成された葉の面積は3ヶ月目には対照区で 460 cm^2 (100), 施肥区で 592 cm^2 (129), pF 3.0 区で 160 cm^2 (35), pF 3.5 区で 51 cm^2 (11) と、施肥効果及び水ストレスの影響は他の生長と同様な傾向を示した。

実験Ⅲ)

発芽後80日目から給水を停止し自然乾燥させたが、初期萎凋点の pF 3.8 に達するのに約2週間、永久萎凋点の pF 4.2 に達するのに約1ヶ月を要した。pF 3.8 に達するまでに実生苗の下部(1~5節)の葉が枯死、落下し、頂部シュートが萎凋した。永久萎凋点に達した時、実生苗の小葉は全部閉じた状態で萎凋がみられ、1ヶ月後には全部枯死した。

シュート頂部は明らかに枯死していたが、その下部の生枯は外部からみて不明であった。本処理区での生長はわずかであり、シュート部は萎凋するまでに2~4節間が伸長し、平均伸長量は 3.4 cm であった。

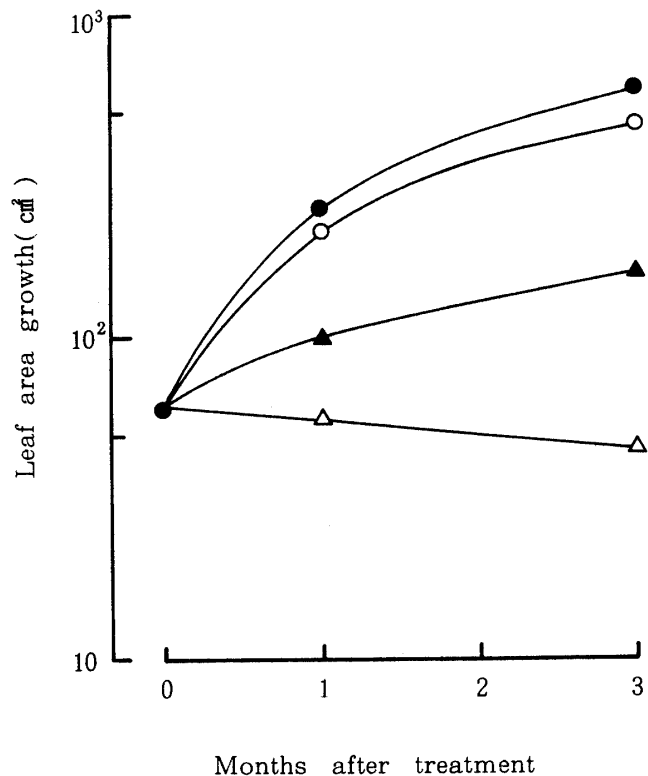


Fig. 7 Growth of leaf area of *L. latisiliqua* seedling treated from 80 days after germination. The symbols are the same as in Fig. 1

その後給水して圃場含水量の状態にもどした場合、萌芽の部位及び開芽までの期間に個体差がみられたが、給水後10～20日間に新しいシュートが伸長した。

本実験では永久萎凋点以上の土壤水分張力で1ヶ月以上維持し、最終的に土壤水分張力はpF 4.6に達していたが、この極度の水ストレス下において根系と地際部の腋芽は生き残り、水分条件が好転すると新しいシュートを伸長させた。

土壤水分量が減少すると吸水量が低下し、植物に水ストレスが生じ、それが植物体内の代謝系に影響して生長を抑制する。樹木の实生苗におけるこの面の研究は数多く実施されており^{2, 3, 4, 5, 14, 15)}、本県の樹木に関してはリュウキュウマツについての報告がある^{10, 13, 16)}。水ストレスが植物の生長に及ぼす影響について最近の研究はその機作について言及したものが多いが、本論ではその影響の結果について報告する。

土壤水分を減少させギンゴウカン実生苗に水ストレスを生じさせた場合、その生長が著しく抑制されるという生育反応がみられた。発芽後25日目から水ストレスを生じさせた場合生長阻害水分点以上の土壤水分張力下では1ヶ月後に伸長、重量生長は好適条件下のその半分以下であった。発芽後80日目から水ストレスを生じさせた場合、植物体が大きい影響のあらわれ方は上記より遅れたが、影響があらわれ始めると急速に差が開き、pF 3.0以上の水分張力下では処理後3ヶ月目にはpF 1.8区の4分の1以下の生長しかみられなかった。本樹種は頂端分裂組織で常に分裂しながら連続的に伸長を続けるタイプなので、水ストレスの影響は節間数及び節間長にあらわれている。節間数の減少は2回羽状複葉の葉数の減少を意味し、同時に水ストレス下において葉軸数及び小葉数の減少もみられた。また、羽軸長、葉軸長及び小葉長の短小化がみられ、葉の矮生化現象が生じた。

ギンゴウカンは乾燥に強いと言われているが、生長は生長阻害水分点以上の土壤水分条件下で著しく抑制され、その影響はリュウキュウマツより大きかった。しかし、発芽後80日を経た実生苗を永久萎凋点以上で約1ヶ月間管理した場合、葉や新梢部は枯死したが、再び給水すると腋芽が開芽し個体は維持された。これらのことから、ギンゴウカンの実生苗は土壤の乾燥によって生長を著しく抑制されるが、その個体維持機構においては耐乾性が大きいといえる。本樹種の乾燥に対する生育反応として、回避性の面では葉枕の動きによる葉の閉鎖、着生葉数の減少及び葉の矮生化に伴う葉面積の減少による蒸散の抑制、地上部分の脱落による水分消費量の減少がみられ、耐乾性の面では腋芽と根系の生存力が大きいことである。この個体維持における耐乾性については今後さらに検討し、その特性を明らかにしたい。

摘 要

1. ギンゴウカンの初期生長（発芽後6ヶ月間）に及ぼす土壤水分量及び施肥の影響について、1981年5月より11月までの間に、本学構内のガラス室において実験を行った。
2. 市販の肥培液の400倍液の施用によって、対照区と比較して20～30%の生長増がみられた。施肥は節間数及び葉数を増加させるのみならず葉の大きさにも影響を及ぼした。
3. 土壤水分張力が生長阻害水分点以上となり水ストレスが生じると、生長が著しく抑制された。対照区と比較すると、pF 3.0区で伸長、重量生長は70%、肥大生長は50%の減であり、pF 3.5区では各々85～90%、50%の減であった。生長初期の実生苗では葉の占める割合が大きいですが、水ストレスの影響は葉数及び葉軸数の減少、羽軸長、葉軸長及び小葉長の短小化にあらわれ、葉が矮生化した。
4. 3ヶ月生実生苗の培土を自然乾燥させ永久萎凋点以上の状態に1ヶ月間管理した場合、シュート上部は枯死したがシュート下部及び根系は生存し、再び給水した場合萌芽し、伸長しはじめた。
5. ギンゴウカン実生苗の生長は土壤水分が生長阻害水分点以上になると著しく抑制されるが、個体維

持の面では永久萎凋点以上で1ヶ月間の水ストレスに耐え、シュート下部と根系は強い耐乾性を示した。

引用文献

1. 安次富長敬 1979 ギンネム群生地における造林・保育管理方法について(I), 沖縄県林試研報, No 22 : 77 - 91
2. Brewbaker, J.L. & Ito, G.M. 1980 Taxonomic studies of the genus *Leucaena*. In *Leucaena newsletter* (Brewbaker, J.L.ed.), Council for Agricultural planning and Development, Taiwan, Republic of China, vol. 1 : p 41
3. Brewbaker, J.L. (ed.) 1981 *Leucaena research reports*. vol. 2, Council for Agricultural planning and Development, Taiwan, Republic of China. 88P
4. Hasio, T.C. 1973 Plant responses to water stress, *Ann. Rev. Plant Physiol*, vol.24: 519 - 570
5. Jarvis, P. G. & Jarvis, M. S. 1963 The water relations of tree seedlings, *Physiologia Plantarum*, vol. 16 : 215-235
6. 近藤 晃 1980 ギンネム群落の施肥による改良試験(II), 東京農工大学林学科卒論(未発表)
7. 金城一彦・安次富長敬 1981 ギンネム群生地における造林保育管理方法について(II), 沖縄県林試研報, No 24 : 12 - 21
8. 中須賀常雄・山田義秋 1979 ギンゴウカン群落に関する研究(I), 琉大農学報, No 26 : 529-536
9. 中須賀常雄・田中隆行 1980 ギンゴウカンの根系に関する研究(未発表)
10. 中須賀常雄・村上英司 1980 リュウキュウマツの生長に関する研究(IV), 琉大農学報, No 27 : 329 - 342
11. 中須賀常雄・神山宗久 1981 ギンゴウカン種子の発芽促進処理について(未発表)
12. 中須賀常雄・上地栄春 1982 ギンゴウカンの芽に関する研究(未発表)
13. 大山保表 1970 リュウキュウマツの造林ならびに施業に関する基礎的研究, 琉大農学報, No 17 : 1 - 161
14. 佐藤大七郎 1956 スギ, ヒノキ, アカマツのマキツケナエの耐乾性, 東大演報, 51 : 1 - 109
15. 高橋邦秀 1981 トドマツ, アカエゾマツ苗木の耐乾性に関する研究, 林試研報, No 313 : 111-160
16. 山盛 直 1979 リュウキュウマツ林の水分特性と乾燥害回避に関する研究, 琉大農学報, No 26 : 573-716
17. 山城栄光 1977 ヤマクリーンM乳剤によるギンネムの枯殺効果試験, 沖縄県林試研報, No 20 : 88-94