土壌水分と小豆の生育収量に関する研究*

田 崎 順 郎

(新潟大学教育学部)

第 I 報 土壌含水量変化に伴う生育収量

小豆は多湿を好み生育収量には土壌水分の多少の影響が大である。これら基礎的資料を得るために二三実験を試みた。

実験 I 生長量について

材料及び方法 (A) 1956 年容水量 (農会法) 30% の砂壤土を 1/5 万 ワグネル鉢に定量を密につめ対容水量の 20, 40, 60, 80, 100% の含水量で各区 5 鉢, 雨天はビニールで覆い毎日重量法により調節, 肥料は 1 鉢硫酸 0.5 過石 2 硫加 1g, 新潟大納言, 5 月 25 日播, 5 日毎に生育調査した。(B) 同様方法で 500 cc 褐色ガラス円筒により用土少ない場合を見た。

結果及び考察 (A) 1. A 図の如く最長草丈は 80% 区であるが 100, 80, 60% 区は播種後 40 日頃までは生育殆ど同様であり, 水分差に全り感応しない。次いでやや差を見, 80, 60, 100% の順となる。生育旺盛となるに従い 100% 区は劣り, 根呼吸増大に伴う O_2 不足の状が見える。40, 20% となるにつれ生育不良となる。40% 区は播種後 17 日頃までは草丈可成り伸びるが, 後根圏水分絶対量が生長量に伴い得ず伸長にぶり 45 日以後殆ど停止する。20% 区は停止一層早まる。1. A 図の同葉数は 80% 区最多, 100, 60, 40, 20% 区の順で, 80, 100% 区に比し 60% の出葉期が数日遅れる。以上播種後 62 日目の晩生種で 80% 区が生育最適, 順調であるのに, 60% 区やや遅れ 100% 区は生育停止の徴を現わした。60, 40% 区で生育差大であり, 40% 区も発芽後の初期生育は可成りよい。

Fig. 1. Plant growth as influenced by soil moisture in pots and small bottles.

(B) ガラス円筒実験では水分調節精度が高いが, 用土水分絶対量少なく孔隙への O_2 拡散容易となり過湿害も現われ難いと思われる。播種後 40 日の結果は 1. B 図の如く茎葉生育 80% 区最高で, 60% より 100% 区 (1 部期間中 110% 処理区も) 生育良好であつた。

R:T 関係は 1 表の如く根伸長は 80% 区最大, 100, 20, 40, 60% 区の順で, 乾物重は地上部では草丈同様傾向であり, 根では 80% 区最大 60, 100, 40, 20% 区の順となる。土壌水分と根の発育については, MULLER-THURGAU¹⁰⁾ 以来乾燥が根発育をよくすると

Table 1. Growth and R:T Ratio (40 days after sowing) in bottles

		Soil moisture %				
		20	40	60	80	100
Length	Top	6.0cm	8.5	11.0	16.4	14.0
	Root	19.5	18.2	17.4	24.2	20.3
Dry Weight	Top	80mg	160	208	401	290
	Root	180	300	345	370	340
R/T Ratio	Leng.	3.2	2.1	1.5	1.4	1.4
	Dr. Wt.	2.2	1.8	1.6	0.9	1.1

したが, WEAVER¹³⁾ は十分な水分が根を発達させるので問題は根と土壌水分分布の関係位置如何にあるとした。小豆の場合生育初期の本実験でも適湿区で根伸長最大であり, 同時に 20% 乾燥区も根の伸長を促している関係が理解される。根の乾物重は概ね地上部の生育に伴って変化する。R/T 率は乾燥区に大で適湿で小である。この実験では (A) 実験に比し同一土壌, 含水率でも O_2 供給のよい場合には 60% より 100% 区の生育が勝り小豆は大豆に似て¹⁾ 多湿を好む作物のようである。

実験 II 生育収量及び蒸散量について

材料及び方法 1957, '58 年容水量 28.2% の砂土を用い 1/5 万 ワグネルポット使用, 容水量の 110, 90, 70, 50, 30% の 5 区を設け, 蒸散量を見るためビニール袋により鉢を密閉, 土表面よりの水分蒸発を防いだ, ガラス室内で肥料は実験 I) 同様, 品種は高橋早生 (早) 1 本植, 7 月 7 日の高温期に播き各区 5 鉢供試, 重量法により毎日蒸散量を補水した。

結果及び考察 生育経過は 90% 区最良, 50, 110% 区はほぼ同様で 30, 70% 区の中間の値をとつた。取

* 昭和 34 年 4 月 2 日 第 123 回講演会に於て発表

Table 2. Growth and yield and transpiration for each Soil moisture content.

Soil moisture	Plant height	No. of nodes (Main stem)	Ratio of leaf area*	Weight of plant	Wt. of grains per plant	Transpiration per plant	Transpiration ratio
110 %	32.6 cm	7.2	56.5 %	3.3 g	0.76 g	852 cc	292
90	46.4	10.2	99.5	9.7	4.44	2410	418
70	40.4	8.6	100.0	6.6	2.32	2137	472
50	34.2	7.8	89.0	4.8	1.66	1290	380
30	27.0	7.2	71.1	3.2	0.84	860	338

* % on width×length of largest leaflet (estimated at 100 % for 70 % plot)

穫時（9月30日）に於ける調査は第2表の如くである。

生育収量とも90%区が最適で過湿区は乾燥区より草丈は高いが葉数、葉面積比劣り吸水困難を示す。蒸散量は過湿区を除き湿度を増すと共に増大するが、蒸散率では適湿90%区とややそれに近い生育の70%区との比較では前者が少なく水分経済としては適湿が最も効率高い。過湿は過乾より蒸散率低い。似た生育をした110%と50%区の比較で後者が収量相対的に多い点から結実期では過湿よりやや乾燥が良いようである。

第Ⅱ報 地下水位の高低による生育収量の品種間差異

深根作物である小豆の根分布と土壤水吸収状況は鉢では不自然であり数品種の同時実施も難しいので斜台を利用し根圏を自由に地下水の高低により水分を加減し従来豆類この種の研究で欠けている品種間差を見、併せて、畦畔栽培灌漑の資料を得んとした。

材料及び方法 1956, '57 年風乾状田土で階段状斜台を作り水面上高さ10, 30, 50, 70, 90 cmの棚にし棚幅1 m, 各棚に北海道円葉1号（夏型早）山口茶莢（夏型中）富山土用1号（秋型中）高知大納言（秋型晩）の4品種、株間夏型20 cm 秋型40 cm, 各々5株を6月2日に播いた、肥料は10 a 当り硫酸3.75 kg 過石15 kg 硫加7.5 kgの割に施した、播種は築台1月後に当り、表面乾いた90, 70 cm区のみ種子付近に若干注水、雨天強風時ビニール障子を上、横に覆い以外は取はずした。地下水位はポンプ灌水により一定にした。以下1956年成績による、

土性 使用土を105°C乾燥粉碎、2 mm篩送後の組成は(2~0.2 mm) 60.1%, (0.2~0.05 mm) 13.1%, (0.05~0.02 mm) 5.8%, (0.02~0.002 mm) 1.0%, (0.002 mm以下) 9.8%で粗砂壤土に属しよく団粒化し物理性良好であつた。最大容水量（対乾土重以下同じ）47.5%, 容水量（農会法）43.4%, 水分当量（2800 rpm, 半径約11 cm）12.9%, 萎凋係数（Briggs & Shantz）7.0%, 90 cm棚表土2.7%, 仮比重1.129, 孔隙量57.6であつた。8月上旬の生育最盛高温期に於ける各棚の層別含水量及び含空気孔隙量、対容水量の含水%, 並びに上記精選 Sample による毛管水測定管内各層別含水量を理想線として第2図

に示す。

Fig. 2. Relation between soil height, soil moisture, air filled pores and PF value. The ideal curve indicates the soil moisture in the every layer of the capillary test tube.

毛管水測定管内水分上昇速度は26日間（約25°C）に90 cmに達した。斜台上では土壌のつめ方、有機物含量等で理想状と異なることは勿論であるが、第2図で孔隙中空気の占める割合40%以下の層のみを含む区は30 cm, 10 cm区だけであり、実験Ⅰ）から過湿の影響をうける対容水量100%に相当する部分は地下水面上10 cm以下の低層である、従つて10 cm区を除き各区の大部分の根は小豆にとって適湿又はそれ以上の空気孔隙を含む層に分布し、土壤空気に富んでいたことが示される。高さによる水分供給差大で小豆の容水量から見て乾燥区から過湿区に渉り水分設計として適当であつた。総じて各区の主なる根の分布は、PF 3~1 附近にあつたことが推論される。

土壤含水量に伴う地温の変化も生育に影響する因子となるが、この実験の場合主として茎葉の繁茂を見ない時期の日照による効果が見られる。発芽時十日間の平均地温の変化は正午、地表7 cm下の実測で50 cm区を基準にすると90 cm区+1.6°, 70 cm区+0.1°, 30 cm区0°, 10 cm区-1.0°Cの差を持ち晴天時差大で曇天降雨日には大差なく、高燥区が高く示された。

結果及び考察 生育：生長割合では第3表の如く最終草丈北海道円1の90, 70 cm区、山口茶の90 cm区、各品種の10 cm区を除き他はよく伸長した。90 cm区の比較で高燥による草丈減少度は品種間差あり早生で多い。一般に10 cm区を除き低湿区（水面よりの

Table 3. Average growth per plant as affected by the depth of the subirrigated water level

Variety	Depth	Plant height	No. of nodes (main stem)	No. of branches	Length of longest branch	No. of nodes of the left	Dry weight per plant	Ratio of the left	Shedding date of leaves
	cm	cm					g		
Hokkaido Maruba-1	90	27	9	0	—	—	2.5	30	1/IX
	70	30	11	0	—	—	3.8	46	1/IX
	50	40	16	2	23cm	7	5.7	69	10/IX
	30	42	17	4	25	9	8.2	100	18/IX
	10	29	11	2	5	3	3.5	42	22/IX
Yamaguchi Chasaya	90	46	15	2	17	6	4.5	17	5/IX
	70	63	16	2	33	8	6.9	26	6/IX
	50	72	19	7	48	12	17.0	64	16/IX
	30	79	21	10	30	8	26.2	100	22/IX
	10	39	14	3	10	4	5.2	19	22/IX
Toyama Doyō-1	90	70	18	12	56	13	23.3	70	9/X
	70	74	19	11	60	13	28.5	85	13/X
	50	85	21	11	70	14	32.8	98	20/X
	30	81	20	11	73	14	33.2	100	22/X
	10	43	14	5	31	9	6.9	20	22/X
Kōchi Dainagon	90	80	18	8	85	17	39.5	67	16/X
	70	87	21	9	85	17	45.6	77	22/X
	50	102	21	11	98	15	47.2	80	29/X
	30	103	22	13	85	14	58.5	100	29/X
	10	56	19	5	55	9	8.5	14	29/X

距離小、多湿)程伸長も早く草丈を増加する。晩高知大納言 30, 50 cm 区では過剰生長のため蔓化した。主茎節数、分枝状、生長総量としての風乾株重(除莢実)でも同じ傾向をもつが、特に株重、同株重比(各品種の最大を 100 とした割合)の比較でこの傾向の品種間差が著しく、早生は高燥区より低湿区によりよく生育し処理間差大である。晩生では 10, 90 cm 区比較で 10 cm 区著しく生育阻害され、又 10 cm 区を除き高燥、低湿の処理間差に大差ない。早生北海円 1 は乾燥より多湿に一層よく耐えるようで一般観察とも一致する。山口茶は適湿に比し 10, 90 cm 区とも生育が一層劣り、早晩の中間の生育をする。落葉期より見て高燥区は全生育期間を短縮するが、高燥に伴う地温上昇との複合の現われで、比較的高温多照期に生育の終る早生種は晩生種に比し生育促進が大である。

開花及び結実：第 4 表の如く生育経過の早かつた高燥区は開花を僅かに促進するが、晩生では大差なくなり日長気温程の決定的要因とはなり難い。ここでも、10 cm 区の遅延した或は不完全な生育は生殖への質的転換を遅らせ養分の転流を十分ならしめないようである。低湿では成熟遅れ特に晩生では生育活動の終点不明瞭で青莢を残す。過湿害を呈した 10 cm 区を除き、収量と各処理間関係を見ると、低湿となるに従い莢数、総稔粒数、総稔粒重を増す傾向見られる。ただし各処理間に品種間差あり早生種は低湿でよい収量を上げ、高燥との差著しいが、晩生種では殆ど差認め難くなる。100 粒重は早生で低湿へ向うに従い大となるのに晩生では高燥に近づいた方が大となる。不稔歩合は高燥区

Table 4. Reproductive results per plant of Azukibeans grown at the different depth from the subirrigated water level.

Variety	Depth	Date of 1st flower	Planting to 1st flower	No. of Pods	Wt. of fertile grains	No. of fertile grains	No. of sterile grains	Wt. of 100 grains	Ratio of refuse grains	Ratio of sterility
	cm	Days			g			g	%	%
Hokkaido Maruba-1	90	16/VII	45	13	4.0	58	37	7.2	4.1	38.9
	70	17	46	17	8.8	102	58	9.0	4.2	36.2
	50	19	48	24	11.9	134	52	9.6	7.1	27.9
	30	20	49	33	20.6	239	51	11.2	22.9	17.5
	10	24	53	15	4.8	92	19	7.0	25.5	17.1
Yamaguchi Chasaya	90	22/VII	51	28	9.1	130	86	7.2	2.8	39.8
	70	23	52	36	12.2	176	102	7.6	8.3	36.6
	50	23	52	53	18.9	331	127	7.9	27.6	27.7
	30	25	54	40	17.6	259	62	8.2	17.0	19.3
	10	28	57	13	3.5	68	16	6.3	18.3	19.0
Toyama Doyō-1	90	18/VIII	78	41	21.0	220	116	13.2	27.6	31.6
	70	21	81	41	23.5	232	102	16.2	37.4	30.5
	50	21	81	48	25.0	287	112	15.1	42.3	27.9
	30	22	82	54	26.3	327	114	14.5	44.6	25.8
	10	24	84	18	7.7	105	21	11.8	37.4	16.8
Kōchi Dainagon	90	31/VIII	91	52	24.4	299	117	10.1	21.3	27.9
	70	31	91	58	25.7	365	128	11.5	38.7	25.9
	50	1/IX	92	67	26.1	447	139	9.9	41.0	24.0
	30	1	92	74	25.6	452	130	9.2	38.4	22.3
	10	2	93	12	2.3	35	8	8.5	22.6	18.6

に近く増加し小豆不稔の一主因をなす。この傾向は早生種で一層顕著であり季節の影響も若干見られるようである。収量構成として早生より晩生で総稔粒数多いがその割に収量を増さないのは養分の体構成への消費多く総蓄積少ないか、あるいは転流がこれに伴わない為と思われる、これが層重比 $\left[\frac{(100 \text{粒重} \times \text{総稔粒数}}{100} \right]$ 総稔粒重) $\div 100$ 粒重 $\times$ 総稔粒数 で示され晩生で高い。生殖過程での品種間差は季節的な気象差にもよるわけである。

地下水位高低と生育収量の関係を通じて第 2 図から各区の利用する水分状態が理解される。対容水量%と根の伸長は I 報が参考となる。高燥区で早生は品種の特性として生育期間短く総生産量も少なく根が適湿層へ伸長しないうちに生殖過程に入り(播種後 1 月半で開花)結局水分抑制状に終始し矮化するのに、晩生種は初期には早生と同じ行動をとり健実化し後次第に根は毛管調制作用の十分な層へ伸展して行く。

他作物で得られたこの種研究として根の吸水層部位に関しては、とうもろこしで生育後期に吸収される水は 2 呎以下の心土から得られ¹¹⁾、この深層からの吸水は特に深根性の荳科に強いとされ⁹⁾、表土水分は影響少なく下層土乾けば減収となり下層に多い水分勾配が必要とされる⁹⁾。又吸水時期に関しては大豆で全生育期間の土壌水総量が必要なのでなく季節の配慮を要するのであり^{2,6,7)}、棉では開花前の灌水は無効、生育後期の適湿で品質収量を改善するとされ¹²⁾、冬小麦の根初期生育は 15 気圧(萎凋点)の乾燥でもよく、その後

の生育は水分差による⁹⁾とされる。

本実験での早晚種の行動とも符合する。又本実験で地下水面よりの高さが生育収量に及ぼす影響として早生では 30 cm, 晩生では 50~70 cm が好適で, 早生は比較的低温でよく, 晩生は高温で生育最盛期(開花期)に適湿層へ根の達する状態がよく, 中生はその中間性を帯びる。以上は土壌物理性のよい一般状態であり, 特殊な場合は他作物でも見られる如く^{8), 9)}土性, 有機物含量, 肥沃度¹⁰⁾等によつても違つて来る。

摘要 1) 異つた土壌, 播種期, 品種を通じ小豆の生育収量に適する水分含量を求めた。2) pot 栽培で同一土壌, 同一水分含有率でも生育に及ぼす影響は土壌構造, 量により若干異なる。3) 生育収量に好適な土壌水分量は対容水量の 80~90%, 栽培可能範囲は 100~60% であり, 60%と 40%とは生育差著しい。4) R/T 率は 20% 過乾で最大, 適湿で最小の傾向で蒸散率は正常の場合早生種で 400 以上である。5) 生育初期では可成りの乾燥に耐え 40% 区も生育劣らず, 播種後 40 日位までは 100, 80, 60% 区生育大差なく, その後の水分差が生育収量を支配する。6) 斜台により地下水面よりの高さ 10, 30, 50, 70, 90 cm の棚を作り早晚 4 品種を用い地下水の影響の品種間差を調べた。7) 土性は粗砂壤土でよく団粒化し

通気良好であつた。各層土壌水含量を調べた。8) 草丈, 節数, 分枝, 風乾株重は 10 cm 区を除き低温となるに従い増すがその増加率は早生に著しい。100 粒重は早生は低温に晩生は高温に近づいた方が増す。不稔は高温で多い。晩生は早生に比し総稔粒数多いが収量をその割に増さないのは屑粒多い為である。10) 地下水面よりの高さは早生で 30 cm, 晩生で 50~70 cm が生育収量とも好適である。

引用文献

- 1) 植田: 日作紀 21, 125 (1952).
- 2) 浦野等: 日作紀 27, 99 (1958).
- 3) BURTON, G. W. et al., Agron. J., 49, 498 (1957).
- 4) CHAMBLEE, D. S., Agron. J., 50, 587 (1958).
- 5) Cook, R. L. et al., Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 62, 491 (1953).
- 6) 福井等: 関東々山農試報 5, 28 (1954).
- 7) —: 日作紀 20, 45 (1951).
- 8) KMOCK, H. G. et al., Agron. J., 49, 20 (1957).
- 9) LETEY, J. et al., Agron. J., 49, 362 (1957).
- 10) MULLER-THURGAU H., Landw. Jahrbuch, 4, 999 (1875). (Cited from KMOCK 1957).
- 11) RUSSELL, M. B. et al., Agron. J., 48, 163 (1956).
- 12) SPOONER, A. E. et al., Agron. J. 50, 74 (1958).
- 13) WEAVER, J. E., Root development of field crops, McGraw-Hill co. (1926)

Effect of Soil Moisture Content on Growth and Yield of Azuki-beans, *Phaseolus radiatus* var. *aurea* PRAIN

I. Growth and yield as affected by the different soil moisture content.

II. Varietal differences of growth and yield at different subirrigated water levels.

Junrō-Tasaki

(Educational Faculty of Niigata University)

Summary

1) Optimum soil moisture content for growth and yield of Azuki-beans was investigated on the different soils, several sowing dates and the some varieties. 2) Even under the same condition of soil and water content in pot culture, the different structure and the amounts of soil produced somewhat different results on the growth of this crop. 3) The optimum soil moisture content for the growth and yield of Azuki-beans were 90~80% of water capacity and the moisture range for practical growing of this crop was about 100~60%. The growth and yield of this crop grown under 40% moisture content showed marked depression. 4) In this treatment, the root-top ratio showed the minimum and maximum value under optimum and the least soil moisture content, respectively and transpiration ratio under optimum conditions was more than 400. 5) During the early stages of growth soil moisture content required for the normal growth was comparatively low and in this period the plant growth was considerably normal even under dry condition as low as 40%. Until about 40 days after sowing, the growth of this crop had not shown any appreciable differences by the different soil moisture treatments from 60 to 100 percent. Thereafter, growth rate was effected largely by the different soil moisture content. 6) 4 varieties, early to late, were cultivated in the soil shelves having the height of 10, 30, 50, 70, 90 cm from the constant level of subirrigated water table. 7) The soil was coarse sandy loam well aggregated to have good aeration. Soil moisture content of each layer of all plots was measured. (Fig. 2). 8) Plant height, number of nodes, condition of branching, dry weight of a plant increased according with lower and wetter conditions except 10 cm-high plot, this trend being more remarkable on the early rather than the late variety. 9) The early variety bloomed few days earlier in high level plots than low level plots, but the late did not show such a difference. Number of pods, total number and weight of fertile grains increased with the lower and wetter conditions especially in the case of early variety, except 10 cm high. Weight of 100 grains of the early varieties increased but that of the late variety decreased with increasing soil moisture. The reason why the yield of the late varieties did not increased in spite of the increase of the total number of fertile grains as compared with the early varieties was the increase of the refuse grains. 10) In this study, the suitable height from the subirrigated water level for their growth and yield was estimated to be 30 cm in the early varieties and 50~70 cm in the late varieties.