

植物に於ける硼素缺乏症に就いて(第2報)：“ケナフ”の硼素缺乏症状と所要硼素量に就いて

平井, 敬蔵
九州大学農学部植物栄養学教室

<https://doi.org/10.15017/21143>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 12 (1), pp.55-61, 1950-11. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：



植物に於ける硼素缺乏症に就いて (第2報)

“ケナフ”の硼素缺乏症状と所要硼素量に就いて

平 井 敬 藏

On the boron deficiency in plant. II.
The external boron deficiency symptoms
and boron requirements of “Kenaf”
plants in culture solutions

Keizo Hirai

纖維作物の一種である“ケナフ”(*Hibiscus cannabinus*)が示す硼素缺乏症状に就いて報告する。著者の知る限りでは、従来あげられている硼素の指示植物の孰れよりも“ケナフ”は秀れているものであると推称したい程に、著しい且つ発見しやすい缺乏症状の数々を呈供する植物である。以下その概略を記述することにする。

I. 実験方法

実験は総て水耕法によつた。使用した容器、培養液、更新補給の割合其の他の処理は大體第1報^Dの記述に準拠した。

水耕用培養液の組成であるが特に注意してえた蒸留水に下記の様な塩類を溶かして造つた。仍ち1立の培養液中に含まれる塩類は KH_2PO_4 , 0.20, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.10, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.40, KNO_3 , 0.23, NaNO_3 , 0.41, 各 mg. で Mn は 1.0 p.p.m. だけ MnSO_4 の形で加える。Fe はクエン酸鉄の 0.5% 液を毎日培養器中に 1 c.c 宛添加する。

この基本培養液に予め H_3BO_3 で各 1 c.c が所要の硼素量 (p. p. m.) を含む様な液をつくつておいて、これを目的に従つて基本培養液に加える様にした。

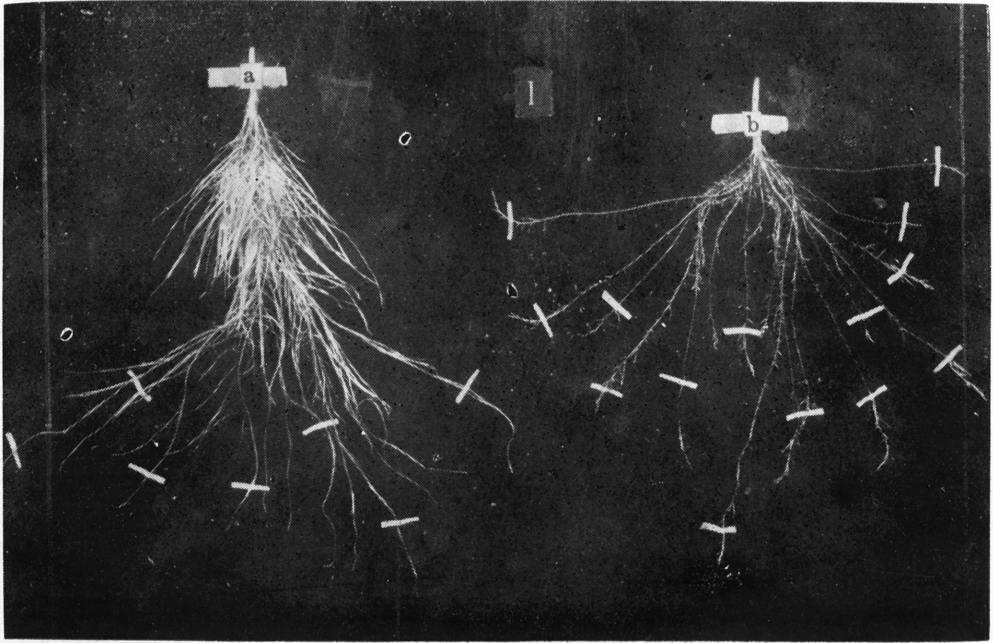
実験供試の“ケナフ”(品種 I-1-11-5) は予め清純な珪砂中で発芽させ約2週間後に抜取り、生育程度等しいものを多数の中から撰出して水耕培養器に移植して栽培を続けるのである。

II. 硼素缺乏症状の出現経過と外見

無硼素の基本培養液に栽培されたケナフは遂に特異の硼素缺乏症状を出現しはじめる。数回に亘り数十本の植物に就て観察しえた所を記述すると次の様である。

(イ) 根。幼植物を水耕に移すと3日目位から新鮮な白い根が出始め、その根に分岐ができるがそれは伸長を余りせず生育を停止し、尖端は鈍い円味をおび日のたつにつれて、

白色がうせ鼠色となり後に尖端は褐変。発根数は十分に硼素を含んだ液に発育したものに較べて少く分岐した根も上述のように生長を停止することが早いから、根群の型は寂寞観を呈し根全体は少々粗剛である。反之、十分に硼素のある所で生育したものは発根数も分岐も多く、健かに伸び常に白い新鮮な色をもち根群の型が逞しく健康観を呈している（第1図、参照）。



第1図. ケナフの根.

(a) 正常生育のもの、白色健全. (b) 硼素缺乏状態で生育したものの根、汚染されていて脆い.

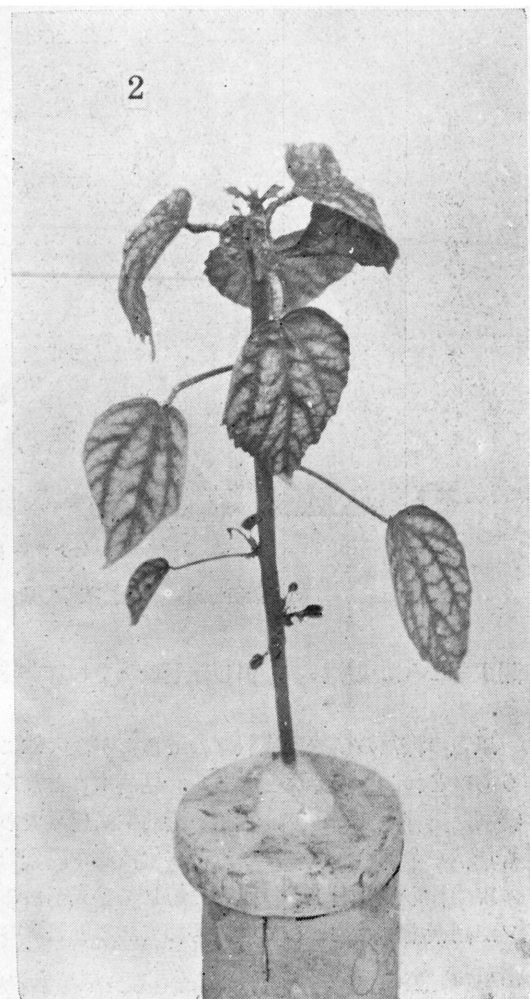
(ロ) 葉. 最も早く現はれしかも明確な缺乏症状は葉柄の彎曲する現象である。葉柄のどこかに2ミリ内外の凹んだ変色部ができ、始めはやや濃緑色であるが、后には褪色、薄い緑色となり乾燥してくる。其の内に葉柄の長軸と略々直角に鋭利な双で切つた様な亀裂が一本又は数本できる。浅い亀裂の時はそれを中心として亀裂の出来ていない面の方に葉柄は鈍く曲るが深い時は殆んど直角に曲る。急激に出た時は亀裂と対象の面にある表皮の殆んど一枚で僅かに垂れさがつる様なこともある。多くは鈍い弧を描いて彎曲する。亀裂のできる場所によつて彎曲の方向は変るが、多くの場合は葉柄の上面に亀裂ができるので葉柄は自然に下部に向つて彎曲する。極端に亀裂が浅いと細い白茶色の線を残して彎曲に至らないこともある。亀裂部全面に亘つてその裡に乾涸厚化して凹凸ができ瘡痂状を呈する。始めは白色で后には褐色になつてくる。これはこの部分の細胞がコルク化する為でこの部分の切片を染色して検鏡すると明かにコルク層が認められた。

。葉柄彎曲が起る頃には葉は厚化し縮れ濃色になる。葉面の縮れができた凸面の葉肉の所

々が斑に黄色となり、葉脈に遠い所からクロオシスが起る。后には葉全面に及び葉脈も褪色黄化し遂に枯死に至る。斯る状況下の葉も葉柄もいづれも脆くなつてゐる。ある葉位の葉柄に彎曲がおこればそれより上位のよく展開した葉の葉柄が順次に時とともに彎曲してくる。又葉柄の彎曲が一度おこるとそれより上位にある茎の尖端に近い未展開或は半展開の状態にある若い葉の面の所々に褐色の小斑点が現はれ、更に全面に亘つてクロオシスが進み未だ伸びきらぬ葉柄も凋萎しやがて落葉するのが常である。この葉柄彎曲現象を第一に起す葉位は培養液中の硼素の缺乏程度によつて左右されることが甚だ妙味がある（第2, 3 図参照）。

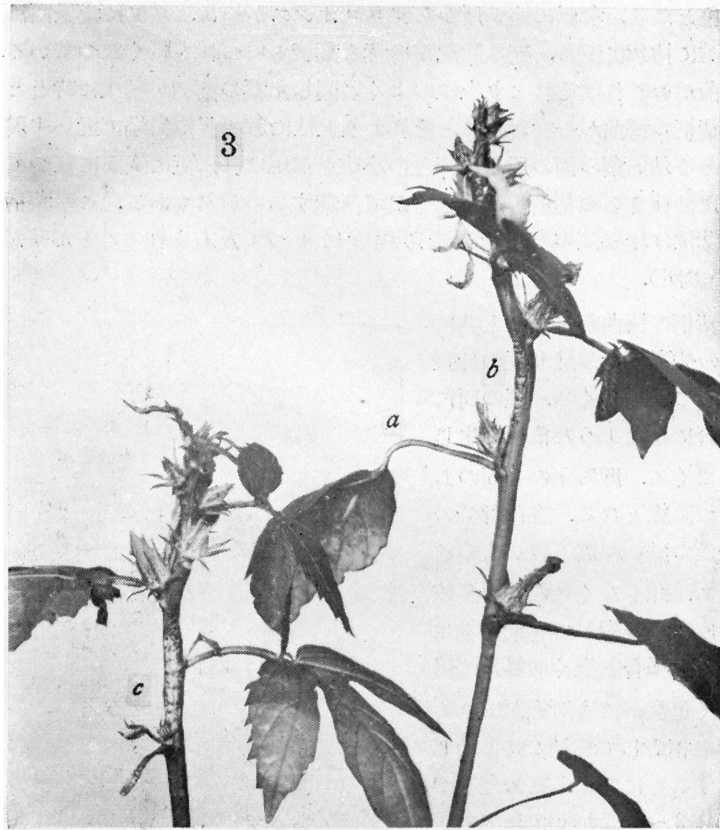
(ハ) 茎。葉柄の彎曲が始まると共に茎の成長点の分裂機能が鈍り茎の伸長が遅く節間がつまつてくる。茎の面にも葉柄の場合に似たような亀裂が生じ瘡痂もできてくる。即ち茎の表面のある個所が先づ濃緑となる。変色部分の面は硼素缺乏の酷い程広く軽いものは米粒大である。間もなくこの部分が乾涸し長軸に直角に亀裂ができ瘡痂を生ずるのは葉柄の場合と全く同様な経路をとる。かく亀裂ができ瘡痂ができるとその程度に相応して葉柄の時と同じく彎曲を示すことになる。なお亀裂ができる位置は2~3葉柄間に渉こともあるし上下2葉柄間に止ることもあり、時には相距つてできたものが發達癒合することもあるが、其の当時の種々の状態によつて異なるものである。斯くするうちに缺乏症状の進行と共に茎尖端の生長点が褐変して崩壊がはじまり茎の基部に向つて進行してゆくものである。（第2, 3 図参照）。

(ニ) 腋芽。茎の尖端生長点の伸長が止まると同時に腋芽が伸びる。生じた腋芽にも前掲と同じ様な順序で缺乏症状は現はれてくることは主幹にみたと同じである。即ち展開した葉に褐色の斑点ができクロオシスが起り葉柄は彎曲し遂に凋萎腐朽して落下する。病徴の出現は腋芽の小葉が2~3枚展



第2図。ケナフの硼素缺乏症を示したもの。

無硼素液に生育したもので葉柄彎曲、クロオシス、節間のつまり等をよく示す。



第3図. ケナフの硼素缺乏症.

(a) 葉柄彎曲. (b) 莖部彎曲. (c) 莖の蒼痂部.

開する所に現はれる。但し硼素缺乏をしない時には腋芽の伸長は普通はみないものである。

以上の様なのが缺乏症状なのであるが、大体に於て揃つて之等が現はれる。時にはこのうちのどれかを缺くこともある。見落すことなく常に誰もが容易に見られる症状は、根の特別な發育振りであり、葉柄の彎曲する現象である。例え上記全部の症状がみられなくとも葉柄や莖部に症状がみられた時には必ず硼素缺乏の証差であると断じてよい。その症状の現はれ方が硼素缺乏の程度に応じて差異がある点(后述)は特記すべきところで、ケナフが硼素指示植物として他に秀れていると筆者の推称したい点もここにあるのである。

III. 硼素缺乏症の回復試験

前項の缺乏症状が硼素の添加によつて回復するならば、明かに硼素の缺乏症状であることを一層明確化すると共に硼素の不可缺性も証されることになる。その為に次の様な実験を試みた。

無硼素の基本培養液とそれに 0.1 p.p.m. の硼素を含んだ培養液とを作つてケナフを栽培した。水耕栽培に移つてから 13 日目に基本培養液に育つた 20 本の植物は孰れも第 8 葉柄に打揃つて彎曲現象がみられた。このうちから生育状態の最も似た No. 3, No. 8 の 2 本を選んで、No. 3 には翌日から 0.1 p.p.m. の硼素を加えて生育させ No. 8 は無硼素のまま栽培をつづけた。No. 3 は第 9 葉柄に軽い彎曲を示したが硼素添加後 5 日目では一度彎曲現象を示した葉柄も立直り、新根も多数発生しはじめて其の後は故障なく順調な生育をつづけた。No. 8 は葉柄彎曲が引続いて上部におこり茎部にも病徴が現はれ葉にも同様缺乏症状が現はれて典型的な缺乏状況を呈した。始めから 0.1 p.p.m. の硼素を含んだ液に育つたもの C. 4 は全く正常に生育をつづけていた。水耕開始後 60 日で収納した時の結果をみると次の様である。

	草 丈 (cm)	茎 径 (cm)	風乾茎重 (g)	根 重 (g)	センイ重 (g)	開 花 数	結実狀況
No. 8	44.0	0.52	3.47	0.75	0.22	2	-
No. 3	112.6	0.63	6.90	1.50	0.73	6	+
C. 4	118.0	0.49	6.22	0.90	0.68	9	+

以上の経過と結果から硼素の添加によつて缺乏症状がよく回癒すること、然も添加後の生育は全く正常に戻ることが判ると共に硼素の不可缺性もよく伺はれるであろう。

IV. 硼素所要量

ケナフが硼素缺乏症を示さずに正常生育をする為に必要とする硼素の最低限界は那辺にあるか。硼素量とこの缺乏症状がどんな風に関連して現はれるかを調べてみた。

I ~ VII 区の試験区を作り各区の培養液内の硼素含有量は 0.00, 0.01, 0.025, 0.05, 0.075, 0.10, 0.50 p.p.m. として供試植物数は各区 4 本宛とした。水耕期間は 50 日とした。

第 I 区（無硼素区）。4 本は孰れも根の発達終始貧弱。移植 15 日目に総て葉柄彎曲（葉位は基部から数えて 5 ~ 6 位）22 日目には主幹上部に病徴出現。主幹上端崩壊、腋芽発達、クロオシス等前項にあげた缺乏症状を全部示し収納時には枯死に瀕した。

第 II 区（硼素 0.01 p.p.m. 区）。根の発達不良。移植後 27 ~ 28 日で全部葉柄彎曲（葉位は 9 ~ 10 位）40 日目に茎部に病徴全部に出現。腋芽発達。節間が上部は特に詰まつている。孰れも缺乏症状を遺憾なく發揮した。

第 III 区（0.025 p.p.m. 区）。根の発達は孰れも相当良好。4 本中 1 本のみが第 10 葉位の葉柄にのみ極軽微の彎曲を示したが上位には及ばなかつただけで、他 3 本は異状なく發育。

第 IV 区（硼素 0.05 p.p.m. 区）以上では全て正常發育をして変化なし。

以上の植物を収納して調査した結果は次の様である（4 本の平均数で示す）。

区 名	硼 素 量 (p.p.m.)	草 丈 (cm)	乾 茎 重 (g)	乾 根 重 (g)	乾 セ ン イ 重	開 花 数	結 実 状 況
I	0.00	27.85	3.03	0.26	0.16	0.0	—
II	0.01	51.38	10.03	1.76	0.51	3.3	—
III	0.025	89.30	10.98	2.45	0.68	10.0	±
IV	0.05	99.48	15.10	3.96	0.81	14.8	+
V	0.075	93.58	17.55	3.80	0.77	12.5	+
VI	0.10	94.63	11.48	4.60	0.81	13.0	+
VII	0.50	87.23	8.35	5.58	0.71	12.8	+

これから見ると第 IV 区を境にして硼素量の減少につれて草丈、茎重、根重、センチ重、開花数は減っているが、硼素量が増した方では著しい差がない。結実状況は第 I～II 区は結実なく第 III 区は 2 本結実他の 2 本は結実なく、第 IV 区以上は全部結実している。莢を横断して房内の種子の様子をみると第 III 区には殆ど健全なもの未だなく第 IV 区以上は完全なものの歩合が増して第 VI～VII 区が最良である。

上述の病徴出現状況から伺える様に培養液に硼素を 0.01 p.p.m. までしか含まない時は明かに不足である。0.025 p.p.m. を含むときは 4 本のうち 1 本のみが極く軽微な症状を呈しただけであるから、少くとも 0.025 p.p.m. だけは含まねばならぬ。又結実状況から見ると未だ完全な種子の生成が難しいのであるから、この両結果から考えてケナフの完全生活史の為には 0.025 p.p.m. は最少限界であると云える。収穫物の結果からみると 0.05 p.p.m. 以上に増しても実質的には余り変化がないから、0.025～0.05 p.p.m. 間に所要最少限界があると考えられる。種子の結実状況を参酌しても十分な安全性は 0.10 p.p.m. もあれば持ちえられることが明かである。

V. 総 括

この実験から次の様なことが言はれる。

- 1) ケナフの生育には硼素は不可欠元素である。これを缺く場合には遂に枯死に至る。
- 2) ケナフが硼素缺乏を訴える時には著しい特異の症状を示す。即ち(イ)根の發育が悪く根群は貧弱で白い生色を失つて鼠色となり遂には褐変してくる。(ロ)葉柄に彎曲現象がおこる。(是は缺乏症状中最も判然たるものである)。(ハ)葉面が縮れ濃色となり後はクロロオシスを起す。葉も葉柄も脆くなる。(ニ)茎も缺乏がひどいときは彎曲をする。(ホ)葉柄や茎が彎曲する時は彎曲部に先づ亀裂ができてそれが白又は褐色の瘡痂になつてくるものである。(ヘ)葉柄彎曲現象が現はれると茎の伸長がにぶつて節間がつかまつてくる。(ト)缺乏症状の進行につれて茎尖端の生長点が褐変し崩壊を始め、それが基部に向つて進行し全植物体の枯死を招く。(チ)茎の伸長生長が止まると腋芽が伸びるがそれも小葉 2～3 枚も展開すると主幹の場合と同様な缺乏症状を示して遂に落下する。
- 3) 缺乏症を示し始めた時に硼素を添加補給しやれば直ちに回癒して以後正常生育をするものである。

4) ケナフの正常生育の為には培養液を1週1度更新してその液内に最少限度 0.025 p.p.m. 以上の硼素の存在が望ましい。

此の研究は文部省科学研究費によつたものである。謹んで謝意を表しておく。

VI. 引用文献

- 1) 平井敬藏, 日高醇: 九州大学農学部学芸雑誌, 第10巻第2号, p. 241 (1942).

R é s u m é

The results obtained in this studies are summarized as follows:

1) The presence of boron in dilute concentration is essential to continue the growth of "Kenaf" plants in chemically pure water culture solution.

2) For the life cycles of Kenaf plants, boron above 0.025 p.p.m. must be contained in the nutrient culture solutions renewing them once a week.

3) Supplying the boron to boron-starved plants soon after the boron deficiency symptoms appeared, they enable to reestablish their ordinary growth in their life cycles.

4) Kenaf plants grown in nutrient solution free from boron develop the following symptoms of boron deficiency:

(a) poor development, roughness and discoloration of root system, (b) chlorosis, thickening and wrinkling of the leaves, (c) appearance of small and short fissure (or split) like lines and scabs on the surface of petioles and stems, (d) petioles, sometimes also stems, bend, (e) characteristic brittleness of the stems and leaves, (f) cessation of the terminal growth of the stem.

5) Bending phenomena of petiole is most clear, definite and easy visible symptom of boron deficiency.