

土壌粉体付着が植物の生理生態におよぼす影響（Ⅱ）

田端信一郎・田部 真

信州大学農学部 植物病理学研究室

緒 言

植物体に与える亜硫酸ガス、窒素酸化物等の有害ガス、あるいはセメント粉、煤じん等の有害作用は近年増加の傾向にあり、環境汚染の問題として重要な課題となっている¹⁾。土木工事にともなう土壌粉体の飛散、付着も農作物の生育に何らかの影響を与える点で問題となった。

植物に対する土壌微粒子付着の影響は植物の種類、器官等により種々異なることは前報において報告した。²⁾ 特に土壌粉体は光に対して特異的光吸収帯がなく、単なる遮光効果のみが観察され、それから葉緑体に与える影響を推定した。その結果は光合成量の低下によると考えられる糖含量、草丈、重量等の減少として現われた。前報につづき本報告では各種植物の減光度スペクトル、葉緑体に与える影響、土壌粉体付着期間の影響等について調べたので報告する。

実験材料および方法

供試植物はキウリ *Cucumis sativus* L. ; エンドウ *Pisum sativum* L. ; トマト *Lycopersicon esculentum* Miller ; インゲン *Phaseolus vulgaris* L. ; クワ *Morus bombycis* Koidzumi の5種である。発芽後本葉展開時から土壌粉体を適時散布した。処理は多粉区（単位面積当り5～6 mg）、無散布区の2区とし、処理20日後に無散布区との比較を行なった。クロロフィルの定量、減光度スペクトルの測定、葉緑体けん濁液の調製および Flattening coefficient については前報の方法と同じである。^{2,3,4,5)}

粉体付着期間の生育に与える影響はノザワナ *Brassica rapa* L. cv. nozawana ; ハツカダイコン *Raphanus sativus* L. について調べた。粉体散布は発芽後本葉展開時より多粉散布を行ない、5日、10日、15日間付着後植物体上の粉体を洗い落とし、25日までの生育を5日間隔で測定した。

前報は冬期間の結果であるが、今回は夏期照射光量が多い時期に実施した点で光および温度条件が異なった。

結果および考察

葉緑体の状態におよぼす影響

比較考察するために前報²⁾のノザワナ、ハツカダイコンの結果を、クロロフィル含量、葉緑体の諸性質、葉の重量に与える影響の結果に加えて示した。

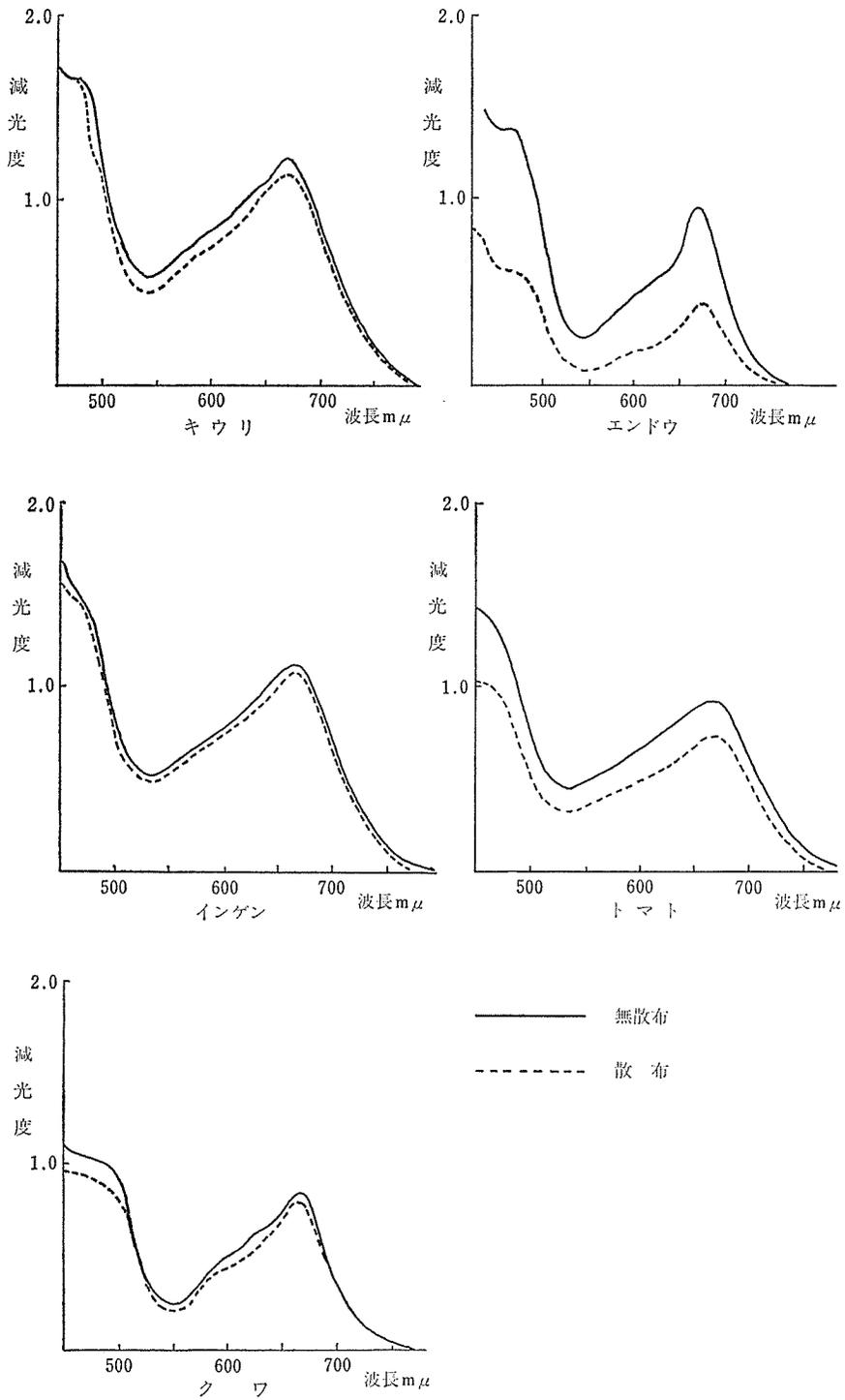
オパールガラス法で生葉の全積分減光度スペクトルを調べた結果は図—1のようである。無散布区と散布区のスペクトルは高さの相違が認められるのみでその他の変化は認められなかった。エンドウは散布によりかなり減光度が低下し、またトマトも比較的大きく低下した。一方キウリ、インゲン、クワでは若干の減光度低下しか現われていなかった。このような葉のクロロフィル含量を調べた結果は表—1のようである。ノザワナ、ダイコン、エンドウはかなりクロロフィル含量が減少するが、キウリ、トマト、クワでは僅かに減少する程度である。インゲンはほとんど影響を受けていない。クロロフィル減少の程度は生葉の減光度の低下の程度とかならずしも一致しない。そこで細胞内の葉緑体が何らかの影響を受けているものと思われ、葉緑体けん濁液から求められる Flattening coefficient から葉緑体の諸性質を推定した。その結果は表—2のようである。土壌粉体付着により、インゲンを除いて他の植物の Flattening coefficient は低下し、葉緑体の光の吸収効率が低下したことを示している。インゲンは Flattening coefficient の値にほとんど影響を受けないが、葉緑体数が減少したことを粒径が大きくなることにより光吸収効率の低下を防いでいるものと思われる。他の植物では葉緑体数、その大きさ、粒子当りの濃度等が種々に影響を受けている。

粉体付着葉の単位面積当りの重量の変化は表—3のようである。キウリ、トマトの減少の程度が最も大きく、インゲン、エンドウ、ノザワナの減少はそれより軽く、ダイコン、クワは比較的影響を受け難いようである。これらの結果を先に述べたクロロフィル含量の低下、生

表—1 クロロフィル a, b の含量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) および生葉の減光度比

区		a	b	計	比	生葉の減光度比*
キウリ	無散布	29.3	22.3	51.6		
	散布	28.3	20.7	49.0	0.95	0.95
エンドウ	無散布	20.1	13.7	33.8		
	散布	14.3	10.5	24.8	0.73	0.60
インゲン	無散布	17.2	12.7	29.9		
	散布	17.2	12.7	29.9	1.00	0.96
トマト	無散布	18.8	14.6	33.4		
	散布	16.9	14.6	31.5	0.94	0.82
クワ	無散布	24.2	10.8	35.0		
	散布	22.1	11.3	33.4	0.95	0.95
ノザワナ	無散布	11.4	4.5	15.9		
	散布	5.9	2.0	7.9	0.50	0.86
ダイコン	無散布	18.7	6.0	24.7		
	散布	12.4	4.7	17.1	0.69	1.06

* 生葉の全積分減光度スペクトルにおける赤色帯極大減光度の比



図一 生葉の全積分減光度スペクトル

表—2 葉緑体けん濁液の諸性質

区		赤色帯極大吸光度		Flattening coefficient Z=Esus/Esol	比	葉緑体数 ml当り	比	粒径比 r_2/r_1	粒子当り 濃度比 Ce_2/Ce_1
		反射補正 減光度 Esus	抽出液吸 光度* Esol						
キウリ	無散布	0.240	0.447	0.537		6.9×10^6			
	散布	0.202	0.410	0.493	0.92	8.5	1.23	0.8	1.45
エンドウ	無散布	0.069	0.136	0.507		6.9×10^6			
	散布	0.019	0.047	0.404	0.80	3.5	0.51	0.7	2.03
インゲン	無散布	0.201	0.335	0.600		2.3×10^7			
	散布	0.230	0.380	0.605	1.01	1.6	0.70	1.3	0.77
トマト	無散布	0.168	0.273	0.615		10.9×10^6			
	散布	0.093	0.167	0.557	0.91	6.4	0.59	0.9	1.33
クワ	無散布	0.150	0.225	0.667		2.4×10^8			
	散布	0.250	0.443	0.577	0.87	3.8	1.58	0.9	1.14
ノザワナ	無散布	0.322	0.528	0.610		6.5×10^8			
	散布	0.230	0.411	0.560	0.92	1.6	0.25	1.6	0.75
ダイコン	無散布	0.329	0.425	0.774		1.8×10^6			
	散布	0.214	0.342	0.626	0.81	2.0	1.11	0.6	3.15

記号は前報に同じである * アセトン抽出

葉の減光度スペクトルの増減, Flattening coefficient の低下等の値と比較してみると明らかに一致しない。これは次のように考えられる。

生葉のクロロフィル含量の減少の程度に比較して, 生葉の減光度の低下が少ないかまたは同程度であるノザワナ, ダイコン, キウリ, クワ等の場合, クロロフィル含量の減少と共に Flattening coefficient も低下し葉緑体の光吸収効率が低下している。クロロフィルの減少, 光吸収効率が低下という二重の因子が関与しているにもかかわらず, 生葉の減光度はクロロフィルの減少程低下しない。このことは生葉においては葉緑体けん濁液のように葉緑体が分散状態にあるのではなく, 光吸収効率が低下を抑制するような細胞内における葉緑体の再配

表—3 葉の重量におよぼす影響 (mg/cm^2)

区		生葉重		乾燥重	
			比		比
キウリ	無散布	19.3		4.8	
	散布	16.4	0.85	2.8	0.58
エンドウ	無散布	13.3		2.3	
	散布	11.7	0.88	1.5	0.65
インゲン	無散布	16.9		4.1	
	散布	11.2	0.66	2.7	0.66
トマト	無散布	16.4		4.1	
	散布	13.2	0.80	1.9	0.56
クワ	無散布	12.2		2.4	
	散布	12.7	1.04	2.0	0.83
ノザワナ	無散布	22.5		2.1	
	散布	19.5	0.87	1.6	0.76
ダイコン	無散布	28.5		2.6	
	散布	23.0	0.81	2.1	0.81

列，分布が行なわれたものと思われる。

クロロフィル含量の減少に比較して，生葉の減光度の低下が著るしい場合は細胞内における葉緑体の分布が分散状態に近いが，あるいは再配列する能力が弱いものと考えられる。このような考えからみると，生葉の減光度の低下が認められないか，または僅かな植物では粉体付着の影響は受け難いと考えられる。また減光度低下の大きい植物はその影響を受けやすいものと思われる。しかし粉体付着が葉の乾燥重に与える影響をみると，必ずしも減光度低下の傾向と一致しない。粉体付着により受ける葉の乾燥重変化の程度は表一三の結果よりトマト，キュウリ>インゲン，エンドウ>ノザワナ>ダイコン>クワの順である。ここで次のようなことが考えられる。

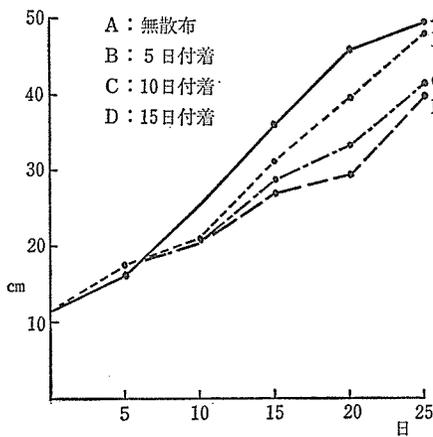
i) トマトはクロロフィルの減少は比較的少なく，減光度の低下がやや大きく認められる。葉の乾燥重の低下は大きい。細胞内葉緑体の再配列による光吸収効率の低下を防ぐ能力が弱く，またクロロフィルの減少にもかなり影響を受けやすい植物と思われる。ii) キュウリはクロロフィル量の減少，減光度の低下共に少ないが葉の乾燥重の低下は大きい。細胞内葉緑体の再配列が行なわれても，クロロフィルの僅かな減少と入射光量の低下による光合成の低下が大きく現われるものと思われる。葉への入射光量の低下の影響を受けやすい植物のようである。iii) インゲンは入射光量の低下によるクロロフィルの減少はほとんど認められず，葉の減光度低下も少なく，葉緑体の受ける影響も大きくないようである。入射光量の低下のみによる光合成量の減少の影響を受けるようである。一方エンドウはクロロフィルの減少，生葉の減光度の低下が大きく細胞内における葉緑体再配列による光吸収効率の増大はほとんど認められない。それにもかかわらず葉の乾燥重の低下はキュウリ，トマトより少なくインゲンと同程度である。葉への入射光量の低下による影響は葉緑体の状態にかなりの影響を与えるが，その光合成能は影響を受け難く，比較的低光量下でも生育可能ではないかと考えられる。インゲン，エンドウは粉体付着により受ける葉の乾燥重量の低下は同程度であるが，葉緑体の状態が受ける影響，すなわちその反応は全く対照的性質を示している。iv) ノザワナ，ダイコンはクロロフィルの減少にもかかわらず生葉の減光度低下が小さく，葉の乾燥重の低下も他の植物に比較して少ない。クロロフィル量の減少による光合成能の低下を細胞内の葉緑体の再配列で光吸収効率の低下を防ぐことにより補っていると考えられる。ノザワナよりもダイコンの乾燥重の低下が少ないが，これはダイコンの減光度低下がなく，無散布区と同程度かやや増加する傾向があるためと思われる。v) クワはクロロフィルの減少，減光度の低下が小さく，葉の乾燥重の低下も少ない。入射光量の減少によってもクロロフィル量，葉緑体の状態の変化は少なく，低光量下でも光合成能は低下し難い植物と思われる。インゲンとは対照的な性質を示すようである。

付着に用いた土壌粉体のスペクトルをみると特異的な光吸収帯はないため，散布付着による影響は単なる葉への入射光量の低下が主として現われているものと思われる。葉の乾燥重量の変化は葉への入射光量の低下とクロロフィルの減少という現象を葉緑体の細胞内での再配列という形で光吸収効率の変化，すなわち光合成能の変化で対応しているという面から考えてみた。これらの考察は細胞内における葉緑体の再配列，分布というかなり大胆な推定のもとに進めて来たものであるが，このような現象が実際に細胞内で生じているかどうかは非常に興味ある点であり今後の重要な検討課題である。

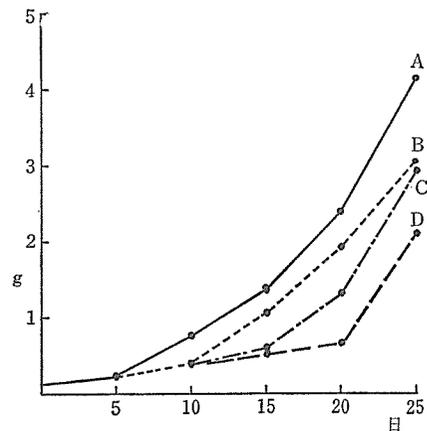
土壌粉体付着期間の影響

土壌粉体付着の影響は植物により反応は異なるが、結果として乾燥重の変化で現われる。付着による影響は植物の部分（器官）により異なると考えられ、また付着期間の長短がどのような影響を与えるかを知る必要がある。本実験ではノザワナ、ハツカダイコンを用いて粉体付着期間およびそれが植物のどの部分に大きく影響するかを調べた。

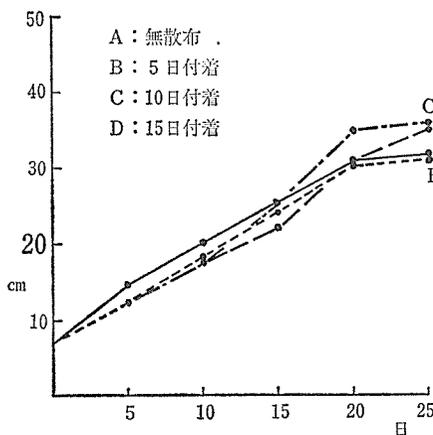
ノザワナの草丈生長曲線は図一2のようである。5日間付着では10日後から生長の回復が始まり、10日間、15日間付着では20日後に回復の開始がみられるようであるが、25日目でも付着の影響は残っているようである。このような生育を示す地上部の乾燥重の変化をみると図一3のようで、粉体付着の影響とその回復過程が明らかに認められる。前述のように受けた影響の結果を乾燥重が明らかに示している。5日間付着は10日後に、10日間付着は15日後



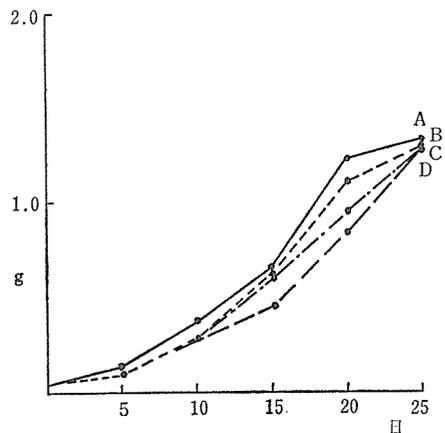
図一2 粉体付着期間によるノザワナ草丈の変化



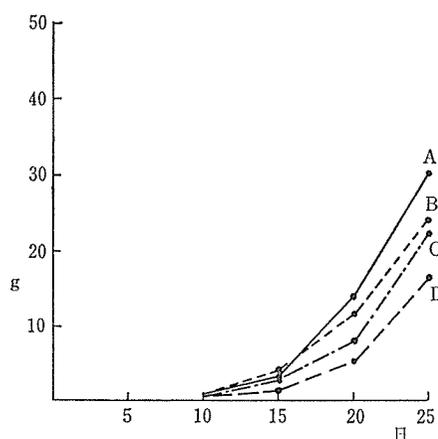
図一3 粉体付着期間によるノザワナ地上部乾燥重量の変化



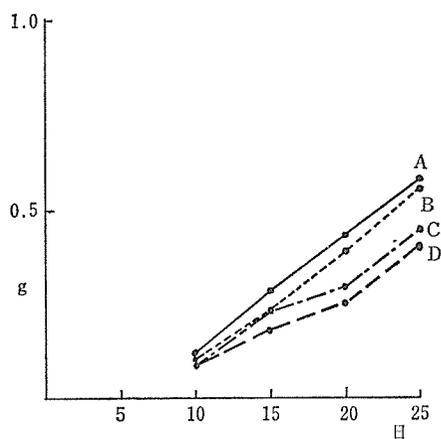
図一4 粉体付着期間によるハツカダイコン草丈の変化



図一5 粉体付着期間によるハツカダイコン地上部乾燥重量の変化



図一六 粉体付着期間によるハツカダイコン根重の変化



図一七 ハツカダイコンの全重中で占める根重割合の変化

に、15日間付着は20日後に乾燥重の回復が始まる。粉体を葉上から除いても付着の影響は5日間残り、その後急速に回復を始める。しかし5日間付着でも25日後に無散布区の乾燥重に劣り、付着の影響はかなり生育後期まで続くようである。

ダイコンに与える影響を調べた結果は図一4, 5, 6, 7 のようである。草丈の生長は粉体付着期間が長い程伸長し、徒長する傾向がある。これらの地上部の乾燥重の変化をみると、無散布区、5日付着の場合20日以後は増加がやや減少するが、10日、15日間付着では20日から25日にかけて増加が大きい。粉体を除いた後の乾燥重の増加であり、これが地上部の徒長として現われているようである。一方図一6をみると粉体付着期間が長い程根重の増加は少なく、付着期間の差が明らかに現われている。付着の影響は地上部よりも地下部に現われているのがわかる。更にダイコンの全生体重の中で占める根重の割合をみてみると図一7のようである。この結果からも根重の変化が大きく認められる。粉体付着期間が長い場合地上部は徒長し、根部肥大が抑制されるのがダイコンの特徴のようである。付着粉体を除いた後の回復過程はノザワナのように明らかに認められないが、受けた影響は25日後でも回復出来ないようである。

粉体付着により受ける影響の大きい部分はこのように植物により異なり、更に植物体の細部にわたる調査が必要である。それらの結果を総合的に考察し、収量におよぼす影響が明らかにされなければならないと思われる。

摘 要

土壤粉体付着の影響をキュウリ、エンドウ、インゲン、トマト、クワ、ノザワナ、ハツカダイコンについて調べた。粉体付着による生葉の減光度スペクトル、クロロフィル含量、葉緑体けん濁液の諸性質、乾燥重の変化を調べ、得られた結果から植物の受ける影響の相違を推

定した。トマト、キュウリは粉体付着による影響を受けやすく、インゲン、エンドウはそれよりも影響を受け難い植物である。ノザワナ、ハツカダイコンは粉体付着に対して強く、クワは供試した植物の中で最も影響を受け難かった。植物間のこのような差は乾燥重の変化で容易に推定出来た。

粉体付着期間の影響をノザワナ、ハツカダイコンで調べてみると、ノザワナは地上部乾燥重の減少として現われ、粉体を除いて2週間後でも生育回復は遅れている。一方ハツカダイコンは根重の増加が抑制され、ノザワナと同様に2週間後でも対照区より生育が劣っていた。

参 考 文 献

- 1) 農林水産技術会議編 (1969) 大気汚染と農林作物, 東京, pp.131.
- 2) 田端信一郎・田部 真 (1974) 信州大農紀要, 11(1): 19.
- 3) Koski, V. M. (1950) Arch. Biochem. Biophys. 29: 339.
- 4) 日本生物物理学会編 (1969) 細胞生物物理研究法 II, 京都, pp.37.
- 5) 柴田和雄 (1968) 蛋・核・酵, 13(5): 4.

Studies on the physiological effect of soil dust adhesion to plant surfaces (II)

By Shin-ichiro TABATA and Makoto TANABE

Laboratory of phytopathology, Fac., Agric., Shinshu Univ.

Summary

The effect of soil dust adhesion to plant surfaces were studied. In this experiment, cucumber (*Cucumis sativus* L.), pea (*Pisum sativum* L.), kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller), japanese mulberry (*Morus bombycis* Koidzumi), nozawana (*Brassica rapa* L. cv. *nozawana*) and radish (*Raphanus sativus* L.) were used as plant materials. From the results of increasing or decreasing of height of integral attenuance spectrum of intact leaf, chlorophyll content, dry weight of plant and properties of chloroplast suspension, it was presumed that the reaction of plant sprayed with soil dust was variously different. In plant materials used, tomato and cucumber were weak to changes of their physiological properties, and pea and kidney bean were middle. Radish and nozawana were tolerant, and mulberry was strongly tolerant. These different reactions in plants were concluded by measuring dry weight of plant adhered with soil dust.

The effect of soil dust adhering periods to plant surfaces was investigated. Decreasing of dry weight of above ground parts appeared to nozawana, which was delayed the recovery of growth 2 weeks after removing soil dust from leaves. Increasing weight of root of radish was lowered with prolonged periods of soil dust adhesion. These effect to radish inhibited the recovery of root growth as well as delayed growth of nozawana after removing soil dust.