

アサガオとハツカダイコンのオキシダント感受性に及ぼす

窒素，リン酸，カリ施用量の影響

(光化学オキシダントの指標植物に関する研究 第4報)

久野春子 寺門和也

Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Nutrition
on the Response of Morning Glory and Radish to Oxidants
in the Atmosphere

(Studies on Indicator Plants for Photochemical Oxidant IV)

Haruko KUNO and Kazuya TERAOKA

Summary

Experiments were conducted to determine the effects of nitrogen, phosphorus and potassium nutrition on the response of morning glory and radish to oxidant in the atmosphere.

1. Morning glory plants receiving optimum nitrogen or phosphorus supply were found to be more susceptible to oxidant injury than those receiving lack or luxury supply. In potassium nutrition, plants receiving optimum or lack supply were more susceptible than those receiving luxury supply.
2. Radish plants fertilized with normal nutrition level and no potassium additions were injured more severely than other fertilization.
3. There were inverse correlation between contents of phosphorus in leaves and injury index of morning glory in nitrogen and phosphorus nutrition. The positive correlations were observed between injury index and non-reducing sugar, total sugar or starch content in nitrogen nutrition. In potassium nutrition, plants receiving luxury supply had very high contents of starch, and there was a inverse correlation between contents of starch and injury index. Therefore, plants of leaves having middle starch contents were more sensitive to oxidant than low and high ones.
4. When morning glory and radish are used as indicator plants to oxidant, it is important to be fertilized with normal nutrition level and to be free from nitrogen and phosphorus lack or luxury levels, and potassium luxury level supplies.

I 緒 言

前報¹⁾では、アサガオのオキシダント(以下Oxと略す)による被害程度と大気中に発生したOx濃度との関係について検討を行い、アサガオはOxの指標植物として有効であることを報告した。

このようなアサガオを指標植物として一般に普及する場合、高い感受性を示し被害が均一に出現するような栽培管理法が要求されているが、それらに関する検討はほとんどなされていない。

施肥量とOxあるいはオゾン感受性との関係について、マンゲル、ハウレンソウ²⁾、タバコ^{3,4,5)}、イネ^{6,7)}、*Lemna minor*⁸⁾を用いた報告はあるが、植物の種類および肥料の種類により感受性の傾向は異なるようである。

本報告では、アサガオを用いて、窒素、リン酸、カリの各施用量の多少が葉中の各成分に及ぼす影響とOx感受性に与える影響について実験を行い、指標植物に適した肥培管理法を検討した。

表 1. N、P₂O₅、K₂O各施用量試験区
(単位：g/ポット)

(1) N施用量試験区(N区)

成分 \ 区	0	1/2	1	2	4
N ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0.0	0.15	0.3	0.6	1.2
P ₂ O ₅ (Na ₂ HPO ₄)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
K ₂ O (K ₂ SO ₄)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

(2) P₂O₅施用量試験区(P区)

成分 \ 区	0	1	2	4
N ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0.3	0.3	0.3	0.3
P ₂ O ₅ (Na ₂ HPO ₄)	0.0	0.6	1.2	2.4
K ₂ O (K ₂ SO ₄)	0.3	0.3	0.3	0.3

(3) K₂O施用量試験区(K区)

成分 \ 区	0	1	2	4
N ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0.3	0.3	0.3	0.3
P ₂ O ₅ (Na ₂ HPO ₄)	0.6	0.6	0.6	0.6
K ₂ O (K ₂ SO ₄)	0.0	0.3	0.6	1.2

II 材料および方法

1. 施肥試験区

培養土は5mmのふるい目を通した赤土とピートモスを7対3の割合に混合して作り、ポットは $\frac{1}{5000}$ aワグネルポットを用いた。

施肥量は表1に示すように、ポット当たりN 0.3g, P₂O₅ 0.6g, K₂O 0.3gとしたものを標準とし、他の成分は同量でN量が0, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4倍の各試験区(N0区, N1/2区, N1区, N2区, N4区), P₂O₅量が0, 1, 2, 4倍の各試験区(P0区, P1区, P2区, P4区)およびK₂O量が0, 1, 2, 4倍の各試験区(K0区, K1区, K2区, K4区)を設けた。なお、培養土のpHが6.5になるようにCaOは0.236gを、MgOは同量の0.236gを各ポットに施用した。ポット数は1区につき6ポット作成した。

2 材 料

(1) アサガオ

品種はスカーレットオハラを用い、1977年6月10日に播種した。苗は本葉が2, 3枚生じた7月6日に上記のポットに移植し、浄化空気室内にて育成した。その後、1区につき4ポットを非浄化空気室に移動し、8月20日から31日まで、大気中に生じたOxに暴露した。

Oxによる可視被害の調査は9月3日に行い、アサガオ葉のOx被害量を葉位ごとに6段階(0~5)に分けて被害指数¹⁾を求めた。また、草丈、全葉数、葉面積(8月下旬にOx感受性を示した葉位の葉4枚の平均値)について測定した。

つぎに、各施肥区のアサガオ葉中化学成分含有率を、浄化空気室内で引続き育成したアサガオのOx感受性葉4枚について8月31日にサンプリングを行い、分析定量した。なお、浄化、非浄化空気室のアサガオは生育期間中に開葉ごとにモールで印をつけておき、8月下旬非浄化空気室でOx被害を受けたと同じ葉位を浄化空気室のOx感受性葉位とした。葉中クロロフィルa, bは小川ら⁹⁾の方法を用い、生葉を95%メタノール抽出し分析定量した。他成分については、葉をサンプリング後、直ちに80℃で約2時間加熱しその後40℃にて乾燥し、ボールミルで粉末にした試料を用いて分析した。全窒素(T-N)はセミマイクロケルダール法を、リン(P)はバナドモリブデン酸法、Kは炎光度法を用いた。¹⁰⁾ 可溶

性炭水化物¹¹⁾については、80%エタノールで抽出し蒸留後、水抽出液を除たん白し、還元糖を、一方、加水分解した液は全糖をソモジーネルソン法で比色定量した。つぎに、残さを4.5 N過塩素酸溶液で抽出し、デンプンをアンスロン法で比色定量した。

(2) ハツカダイコン

各施肥区のポットに52年7月5日播種し、その後間引きを行い、1ポット当り2個体を生育させた。8月上旬、非浄化空気室でOxに暴露し、生じた可視被害を8月8日に調査し、被害指数を求めた。

Ⅲ 結 果

1. アサガオ

(1) 各施用量試験区の生育量

N, P₂O₅, K₂O 各施用量によるアサガオの生育は、図1(B)(C)(D)に示した。N施用量試験区(以下、N区と略す)についてみると、0区は葉数、草丈、葉面積の値が特に低く、通常な生育ではなかった。1/2区の葉数、草丈は1区に比べて劣るが、葉面積はほぼ同じであった。2区および4区の葉数は1区とほとんど同じ値であったが、草丈はやや高く、葉面積は1区と比較すると大きく、Nの多肥の影響がみられた。P₂O₅施用量試験区(以下、P区と略す)では、0区が他区よりも葉数、草丈、葉面積とも低い値であり、2区と4区の葉面積は1区よりも大きかった。K₂O施用量試験区(以下、K区と略す)は、0区の葉数と草丈が他区に比べて若干低く、2区の葉面積が他区より高い値を示したが、0区から4区の間での生育差は少なかった。なお、N, P, K区のそれぞれについて0~4区における区間差は統計的に有意であった。

(2) Oxによる被害量

各施用量試験区のアサガオは8月20, 29, 30, 31日に発生したOx(表, 2)により葉上に白色小斑およびかっ色斑の被害を受けた。これらの可視被害は指数化し、図1(A)に示した。N区は1/2区と1区がOxにより大きな被害を受け高い値であり、2区と4区はそれより低く、通常の生育をしなかった0区の被害指数は特に低い値であった。P区の被害指数は1区が最高で、0区が中間となり、2区と4区が低かった。K区では0区と1区が高い値を示し、2区と4区で次第に低下した。なお、各施肥区とも0~4区における区間差は統計的に有意であった。

(3) 葉中クロロフィルおよび無機成分含有率

各区のアサガオ葉のクロロフィルおよびN, P, K含有率は図2に示した。N区のクロロフィル含有率は施用量が多くなるに従い高くなり、特に2区と4区の値が高かった。T-N含有率は0, 1/2, 1区ではほぼ同じような値であったが、2, 4区は高い値を示した。P区については0区のクロロフィル、T-N含有率が他区よりも高く、この区の葉が濃い緑色を呈していたことを裏づけた。K区においては各区で大きな差はないが、0区でやや高かった。

つぎにP含有率についてみると、N区では1区が1番低く、0, 2, 4区は高かった。P区は0, 1区に比べて2, 4区がやや高い値を示した。

K含有率は、N区で大きな変動はみられないが、K区では施用量が増加するに伴い高くなった。P区は0区で他の区よりも高い値を示した。

(4) 葉中糖およびデンプン含有率

N区の還元糖、非還元糖、全糖およびデンプンは1/2区と1区で高い含有率を示し、0区と4区で低かった。

表2 アサガオとハツカダイコンの実験期間に発生したOxの日最高値(7pphm以上が出現した日)と7pphm以上ドース

年 月 日	1977年8月											
	1	2	3	4	5	6	7	10	20	29	30	31日
日 最 高 値	8.0	7.8	16.0	9.2	8.8	11.0	13.5	10.0	7.0	19.2	12.0	8.5
7 pphm以上ドース	15.0	7.8	54.3	31.9	48.6	27.7	77.6	49.9	14.0	64.6	69.4	16.0
処 理 期 間	ハツカダイコン							アサガオ				

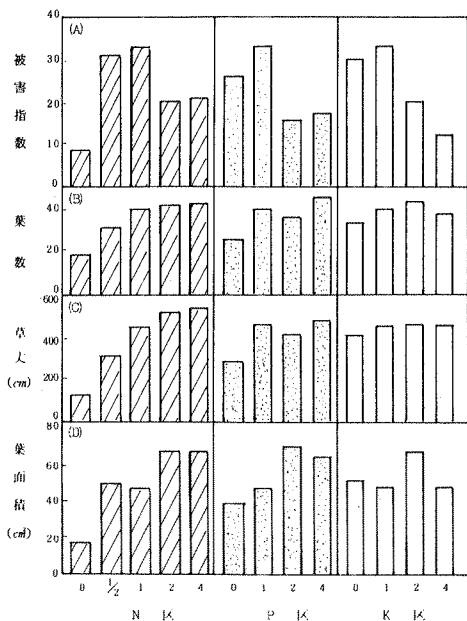


図1. アサガオの各施用量試験区のオキシダント被害指数と生育量

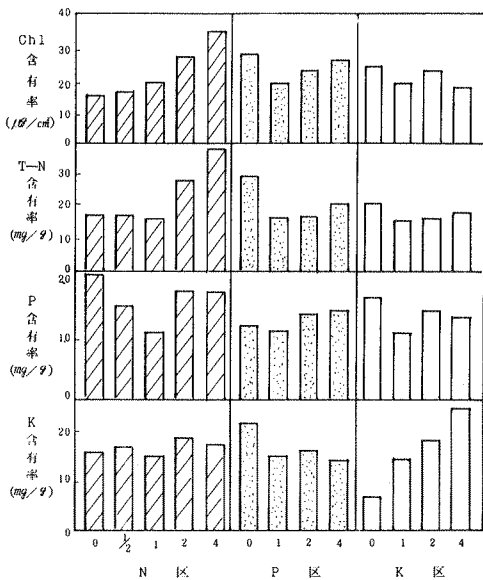


図2. アサガオの各施用量試験区の葉中化学成分含有率

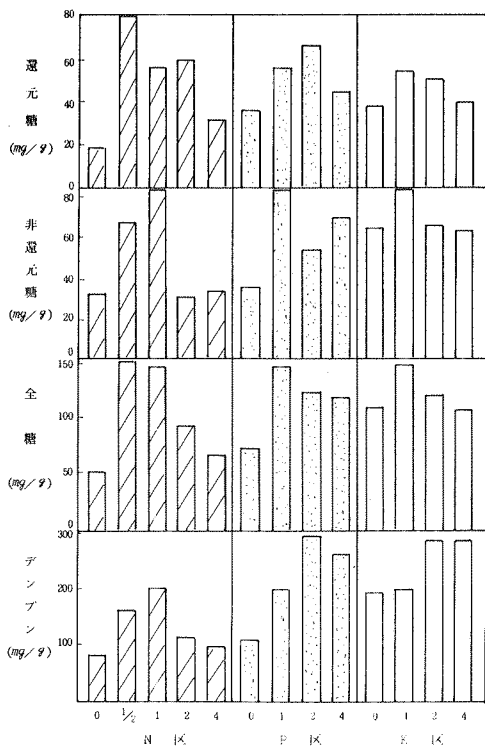


図3. アサガオの各施用量試験区の葉中炭水化物含有率

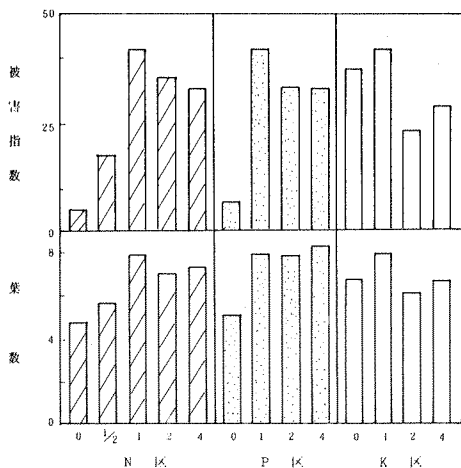


図4. ハツカダイコンの各施用量試験区のオキシダント被害指数と葉数

また、2区は還元糖だけが高く、他は低かった。P区は0区の還元糖、非還元糖、全糖およびデンプン含有率が低く、2区と4区のデンプン含有率は1区よりも高い値を示した。K区では1区は非還元糖、全糖が他の区より高く、2区と4区のデンプン含有率が0区、1区よりも高かった。

2. ハツカダイコン

ハツカダイコンの各施用量試験区の被害指数と葉数は図2に示した。N区についてみると、被害指数は1区が一番高い値であり、2、4区はそれより低く、0、1/2区はさらに低い値であった。一方、葉数は0、1/2区が少なく、N量の欠乏により十分な生育を示さなかった。P区の被害指数は葉数の少ない0区が著しく低い値であり、1区が一番高く、2、4区がやや低い値であった。K区では、0区と1区の被害指数が高い値であり、2区と4区は低かった。K区の生育量は1区で他区よりやや勝ったが、各施用量間であり差はみられなかった。なお、N、P、Kの各区とも0～4区における被害指数および葉数の区間差は1%水準で有意であった。

IV 考 察

1. アサガオ

各施用量試験区ごとにアサガオのOx被害指数と生育量、葉内無機成分、糖およびデンプン含有率との相関関係を表3に示した。N区の被害量は葉中P含有率と負の相関があり、非還元糖、全糖、デンプン含有率との間では正の相関関係が得られた。P区については被害量と葉中P含有率との間に負の関係を、またK区ではデンプン含有率との間に負の関係が認められた。

N施用量に関して、KECKRら⁵⁾はピントビーンを用いてN量が多くなるに従いオゾンによる被害程度が低下することを報告した。また、喜田村ら³⁾はタバコについてN施用量の圃場試験を行ったところ、Ox被害量と葉中T-N含有率との間に負の相関関係を認めている。一方、LEONEら⁴⁾によるとタバコはN施用量の最適で最もオゾン被害が増大し、少肥と多肥においては被害量が減少したと述べている。本実験のアサガオの場合、N1/2、1区で被害が大きく、N0、2、4区で小さくなり、N施用の最適および半量でOxに対する感受性が高くなることがわかった。また、極端に生育の悪い0区を除くと、N区の葉中T-Nとクロロフィル含有率が低いと感受性は増大し、逆に高いと感受性が低下する傾向にあった。

P₂O₅施用量については、BREWERら²⁾がマンゲルを用いて、増肥するとOx被害が減少することを認めている。一方、P₂O₅欠乏下で水稻を栽培するとオゾンによる被害が減少すると馬場⁷⁾は報告している。アサガオでは、欠乏のP0区が標準区より感受性が低く、増肥すると感受性が低下した。また、N区およびP区でみられたように葉中P含有率が高くなると感受性は低下する傾向であった。

表3. アサガオのOx被害指数と生育量および葉中化学成分含有率との関係

		相 関 係 数		
		N 区	P 区	K 区
生 育 量	全 葉 数	0.56	-0.23	-0.33
	草 丈	0.42	-0.17	-0.52
	葉 面 積	0.43	-0.81	-0.17
葉 中 化 学 成 分 含 有 率	クロロフィル	-0.01	-0.43	0.40
	T-N	-0.22	0.02	0.08
	P	-0.95*	-0.91 ^a	-0.10
	K	-0.14	0.21	-0.83
	還 元 糖	0.79	-0.23	0.39
	非 還 元 糖	0.85 ^a	0.34	0.64
	全 糖	0.93*	0.15	0.56
	デ ン プ ン	0.92*	-0.65	-0.92 ^a

注) * 5%水準で有意 a 10%水準で有意

K₂O施用量とオゾン感受性の関係について、浅川ら¹²⁾はK₂Oを欠除した場合のネギとトマトを用いて、その影響をみている。すなわち、欠乏状態にすると、オゾン感受性が高まり、障害程度は大きくなった。また、DUNNINGら¹³⁾はピントビーンとソイビーンについて、Kの低濃度と高濃度のホーランド水耕液で育成し比較すると、低濃度下の方がオゾンによる被害が大きいことを報告している。本実験でも同様な結果が得られ、標準量と欠乏の区においてアサガオは高い感受性をもつが、2、4倍と施用量が多くなり、葉中K含有率が高くなると感受性が低下した。

一般に、炭水化物含有率はN施用量が多いと減少し、K₂O施用量が多いと逆に増加するといわれている。喜田村ら³⁾はN少施用の場合、タバコ葉内窒素の欠乏とともに葉の拡大生長の停止およびデンプンの集積がおこり、被害の斑点を誘発しやすくすると推定している。一方、

LEONEら⁴⁾は、タバコ葉のN含有率が増加すると炭水化物含有率は減少すること、また被害との関係では炭水化物が中程度の時に最も被害を受けやすくなり、それより高くても低くても植物葉はオゾンに対して抵抗性をもつと述べている。本実験では、炭水化物を還元糖、非還元糖、全糖、デンプンに分けて分析しているので区別してみると、N区とK区のデンプン含有率は110mg/g.d.w.以下の低濃度において(N0, 2, 4区)被害が小さく、また250mg/g.d.w.以上の高濃度(K2, 4区)でも被害が小さくなったが、それらの中間値では大きい被害(N1/2, 1区, K0, 1区)がみられた。すなわち、デンプン含有率とOx被害量との関係は山型を示し、表3の相関係数の符号がN区で正となり、K区で負となったのである。一方、非還元糖をみるとN区は60mg/g.d.w.以上で被害が大きく、正の相関を示したが、非還元糖が同じレベルのK2区とK4区では逆に被害が小さくなった。これらの区では非還元糖のほかデンプン含有率も高いため全炭水化物が非常に高くなり、Oxに抵抗性を示したものと思われる。このような関係は全糖とデンプンがともに高いP2区とP4区にもみられた。以上のことから、被害程度の大小と炭水化物含有率の関係をまとめると以下ようになった。

被害程度	炭水化物含有率の高低		試験区
	非還元糖 全糖	デンプン	
大	高	中	N 1/2, 1区, K 0, 1区, P 1区
小	高	高	K 2, 4区, P 2, 4区,
	低	低	N 0, 2, 4区

すなわち、アサガオのOx感受性は葉中N, P, K含有率が高いと低下し、また、糖とデンプンが同時に高い含有率であったり、同時に低い含有率のときに低下することがわかった。したがって、アサガオを指標植物として用いる場合の肥培管理方法は標準施肥量を基準とし、N, P₂O₅の欠乏および多施用、K₂Oについては多施用を避けることが重要である。

2. ハツカダイコン

ハツカダイコンはN0, 1/2区およびP0区の欠乏状態で通常の生育を示さず、Oxに対する感受性も非常に低かった。一方、生育は標準の1区とほとんど変わらない多施用のN2, 4区およびP2, 4区は、1区よりも

感受性が低くなったが、アサガオの多施用区でみられたほど減少割合は大きくなかった。K区は標準および少施用で感受性が高くなり、多施用では低く、アサガオと同様な傾向であった。すなわち、ハツカダイコンもアサガオと同様に標準施肥量とK₂O欠乏下でOx感受性が最も高くなるのがわかった。

V 摘 要

アサガオ(品種 スカーレットオハラ)とハツカダイコンを用いて、それらのオキシダント感受性に及ぼすN, P₂O₅, K₂O 施用量の影響について検討を行った。

1. アサガオはN欠乏区とN多施用区でOx被害は減少し、標準施肥量および半量区で感受性が高かった。また、P₂O₅欠乏区と多施用区はOx被害が減少し、標準施肥量で増大した。K₂Oの多施用はOx被害を軽減し、欠乏区と標準施肥量で増大した。
2. ハツカダイコンは、標準施肥量とK₂O欠乏において最もOx感受性が高かった。
3. アサガオのN施用量区とP₂O₅施用量区では、葉中P含有率と被害指数との間に負の相関関係があった。N施用量区では葉中非還元糖、全糖およびデンプン含有率と被害指数との間にそれぞれ正の相関関係が認められた。一方、K₂O多施用区ではデンプン含有率が特に高く、含有率と被害指数との間に負の関係があった。したがって、Ox感受性はデンプン含有率が中程度の時に高くなるのがわかった。
4. 指標植物としてアサガオおよびハツカダイコンを用いる場合、肥培管理方法は標準施肥量とし、N, P₂O₅の欠乏および多施用、K₂Oの多施用を避けることが重要である。

謝 辞

本実験を行うにあたり、調査分析に協力いただいた元東京農工大学研究生の池田明子氏に感謝するとともに、当場の鈴木熊吉氏より援助、協力をいただいたことに謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 久野春子, 寺門和也(1981): 都農試研究報告, 14 26-38
- 2) Brewer, R. F., F. B. Guillemet and R. K. Creveling(1960): Soil Sci. 92 298-301

- 3) 喜田村俊明, 門田恵美子 (1973): 岡山たばこ試
報告, **33**, 71—77
- 4) Leone I. A., E. Brennan and R. H. Dal-
nes (1966): J. Air Pollut. Contr.
Assoc. **16**, 191—196
- 5) Heck, W. W., J. A. Dunning and I. J. Hin-
dawi (1965): J. Air Pollut. Contr.
Assoc. **15**, 511—515
- 6) 鄭永浩, 太田保夫 (1981): 日作紀, **50**, 570—
574
- 7) 馬場尠, 寺岡幸 (1979): 農学研究, **57**, 163—
188
- 8) Craker L. E. (1971): Can. J. Bot. **49**,
1411—1414
- 9) Ogawa, T. and K. Shibata (1965):
Photochem. Photobiol. **4**, 193—200
- 10) 農林省農林水産技術会議事務局監修, 作物分析法委
員会編 (1975): 栽培植物分析測定法, P.63—
75, 養賢堂, 東京
- 11) 同 上 : 同 上, P.328—335
- 12) 浅川富美雪, 前川往亮, 田中平義, 日下昭二 (1978)
: 近畿中国農研, **56**, 82—85
- 13) Dunning, J. A., W. W. Heck and D. T. Tin-
gey (1974): Water, Air and Soil
Pollution **3**, 305—313