Gartenbauwissenschaft, **65** (3). S. 129–133, 2000, ISSN 0016–478X. © Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Einfluß erhöhter CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf vegetatives und generatives Wachstum, Photosynthese und Transpiration sowie Fruchtqualität von Erdbeeren

Effects of Enriched CO_2 and Potassium Nutrition on Vegetative and Reproductive Growth, Photosynthesis, and Transpiration as well as Fruit Quality of Strawberry

K. Eckstein und M. M. Blanke
(Institut für Obstbau und Gemüsebau der Universität Bonn)

Zusammenfassung

In Quarzsand getopfte Erdbeerpflanzen der remontierenden Sorte 'Rapella' wurden im Frühling im Gewächshaus mit oder ohne Kalium und dann in Klimakammern bei 300 ppm oder 600 ppm CO_2 kultiviert.

1. Kaliummangel verminderte sowohl das Blattwachstum als auch die Kalium- und Stickstoffassimilation und erhöhte die Phosphor- und Magnesiumgehalte der Blätter.
2. Die CO_2-Erhöhung von 300 auf 600 ppm steigerte nur bei bedarfsgerechter Kaliumversorgung sowohl die Photosynthese, die Stärkeeinlagerung der Blätter als auch die Fruchterträge und veränderte das Source:Sink-Verhältnis bzw. die Trockensubstanzverteilung zugunsten der Früchte.
3. Die CO_2 Erhöhung von 300 auf 600 ppm reduzierte die Transpiration der Blätter, die durch Kaliummangel noch weiter vermindert wurde.
4. Die CO_2-Erhöhung förderte Fruchtzucker- und Fruchtsäurebildung in gleichem Maße, so dass das Zucker:Säure-Verhältnis unverändert blieb, aber die Fruchtqualität sich verbesserte.

Summary

Potted plants of the ever-bearing strawberry cv. 'Rapella' were greenhouse-grown in spring either with or without potassium nutrient supply and then transferred to growth cabinets of either 300 or 600 ppm CO_2.

1. Potassium-deficient strawberry showed reduced leaf growth and decreased their potassium and nitrogen assimilation, but increased their phosphorus and magnesium uptake relative to potassium-sufficient plants.
2. CO_2 enrichment from 300 to 600 ppm CO_2 enhanced photosynthesis, starch synthesis and fruit yield of potassium-sufficient strawberry and affected dry matter allocation in favour of the fruit.
3. CO_2 enrichment from 300 to 600 ppm decreased transpiration which was further reduced by potassium deficiency.
4. CO_2 enrichment enhanced both fruit sugar and organic acids to the same extent without changing the sugar:acid ratio, thereby improving fruit quality.

Einleitung

Zu den heutigen Klimaveränderungen gehört ein Anstieg der CO_2-Konzentration zwischen 0,75 und 1,5 ppm CO_2 pro Jahr (LENZ 1993). Als Ursachen werden sowohl der zunehmende Verbrauch fossiler Brennstoffe als auch die Rodung tropischer Regenwälder Südamerikas diskutiert. Zur Zeit werden Anbauversuche mit kurzlebigen Erdbeerkulturen in Folien- oder Gewächshäusern durchgeführt (LIETEN 1998). Zur Atmung des Bodens oder Substrates kommt häufig noch die einer evtl. Strohabdeckung hinzu. Ein geringer Luftaustausch in solch einem geschützten Anbau kann zu einer CO_2-Anreicherung führen. Die Dunkelatmung der Erdbeerpflanzen trägt zusätzlich dazu bei, daß die höchsten CO_2-Konzentrationen von bis zu 600 ppm CO_2 in Bodennähe während der Nacht erreicht werden (NIES und BLANKE 1997, unveröffentlicht). Bei CO_2-Anreicherung kommen Nährstoffe durch verstärkte Photosynthese und Pflanzenwachstum häufig in den Mangel (CHEN und LENZ 1997, SRUAMSIRI und LENZ 1986), was bei Erdbeeren für Phosphor untersucht wurde (CHEN und LENZ 1997). Mit Ausnahme einer Arbeit (CHEN et al. 1997) beschränken sich bisherige Arbeiten zur CO_2 Anreicherung bei Erdbeeren auf entblütete (CHEN und LENZ 1997) oder nichtfruchtende (SRUAMSIRI und LENZ 1986) Pflanzen. Bei Erdbeeren ist vor allem Kalium für die Fruchtqualität (CHOUREITAH und BÜNEMANN 1970) und damit die Wirtschaftlichkeit dieser Kultur von Bedeutung (LIETEN 1998), was bisher noch nicht bei erhöhtem CO_2 untersucht wurde. Daher war Ziel der vorliegenden Arbeit, die Wechselwirkungen zwischen CO_2-Anreicherung und Kaliumernährung auf vegetatives und generatives Wachstum, Photosynthese und Transpiration, Mineralstoff- und Kohlenhydratgehalte, Fruchtqualität, Source:Sink-Verhältnisse und Trockensubstanzverteilung bei fruchtenden Erdbeeren zu untersuchen.

Material und Methoden

Erdbeerpflanzen

Erdbeerpflanzen (*Fragaria ananassa* Duch.) der remontierenden Sorte 'Rapella' wurden Anfang März in 3 L Töpfen in grobem Quarzsand im Gewächshaus kulti-

Tab. 1. Nährstoffzusammensetzung der verwendeten Nährlösung mit bzw. ohne Kalium für Erdbeeren.
Composition of the potassium deficient and sufficient nutrient solutions for strawberry.

Ionenkonzentration [mval/L]		Kaliumversorgte Pflanzen		Kaliummangelpflanzen	
Kationen	Anionen	Kationen	Anionen	Kationen	Anionen
Ca^{++}	NO_3^-	2,50	1,25	2,50	1,25
K^+	SO_4	0,75	1,50	ohne	ohne
Mg^{++}	SO_4	4,00	4,00	4,00	4,00
K^+	PO_4	0,50	1,50	ohne	ohne
Ca^{++}	PO_4	ohne	ohne	1,00	1,50
NH_4	NO_3	0,50	0,50	0,50	0,50
Nährstoffbilanz [mval/L]		8,25	8,75	8,00	7,25

Um das Kationen:Anionen-Verhältnis auszugleichen, wurde in der Kaliummangelvariante Kalium teilweise durch Calcium und eine geringere Sulfatkonzentration ersetzt.

Tab. 2. Einfluss der Kaliumernährung und CO_2-Konzentration auf die Kaliumgehalte der Blätter und des Sprosses (Wurzelhalses) von Erdbeerpflanzen in % der Trockensubstanz.
Influence of potassium nutrition and CO_2 concentration on potassium content of leaves and crown of strawberry as dry matter percentage.

Kaliumernährung	CO_2-Konzentration	Kaliumgehalt Blatt	Kaliumgehalt Spross
ohne Kalium	300 ppm CO_2	0,47 % [c]	0,21 % [c]
ohne Kalium	600 ppm CO_2	0,23 % [d]	0,17 % [c]
mit Kalium	300 ppm CO_2	1,34 % [a]	0,99 % [a]
mit Kalium	600 ppm CO_2	0,93 % [b]	0,46 % [b]
GD (5 %)		0,09 %	0,13 %

Die Kaliumernährung erfolgte entweder mit 0 oder 1,25 mval K^+/L; Mittel aus 4 Pflanzen

viert und nach Bedarf mit Nährlösung versorgt (BLANKE 1995, DICKMANN und BLANKE 2000). Bei der Hälfte der 20 Erdbeerpflanzen wurde in dieser Zeit durch Versorgung mit kaliumfreier Nährlösung (Tab. 1) Kaliummangel induziert. Um das Kationen:Anionen-Verhältnis auszugleichen, wurde in der Kaliummangelvariante Kalium durch zusätzliches Calcium mit geringerer Sulfatkonzentration ersetzt (Tab. 1). Als Kontrolle dienten Erdbeerpflanzen, die mit allen Nährstoffen versorgt waren.

CO_2-Behandlung

Die Erdbeerpflanzen wurden Anfang Mai nach Induktion eines Kaliummangels zur CO_2 Behandlung in zwei Klimakammern gebracht, die auf 300 bzw. 600 ppm (±20 ppm) CO_2 eingestellt wurden. Darin wuchsen die Pflanzen bei einer Temperatur von 25 °C, 50 % relativer Luftfeuchte und einer Lichtintensität von 600 µmol PAR m^{-2} s^{-1} bei einer Photoperiode von 16 h (z.B. CHEN und LENZ 1997).

Photosynthese- und Transpirationsmessungen

Nach einer zehntägigen Anpassung der Erdbeerpflanzen an die Klimabedingungen erfolgten die Messungen der Photosynthese und Transpiration mit einem tragbaren Steady-State-Porometer (Typ CIRAS der Fa. PPSystems) und Blattkammer vom Typ PLC-B. Hierzu wurden auch im Porometer bzw. Blattkammer die gleiche CO_2-und H_2O-Konzentration der Klimakammer mit Hilfe einer CO_2-Kartusche und Natronkalk- bzw. Drierite-Absorbersäulen eingestellt. Über einen Zeitraum von 7 Tagen wurde der Gaswechsel zwischen 9 bis 12 h an den gleichen, voll entwickelten Blättern gemessen, nachdem die Pflanzen morgens bewässert waren.

Mineralstoff- und Kohlenhydratanalysen

Nach 3 Wochen in der Klimakammer wurden die Erdbeerpflanzen in ihre Organe zerlegt. Dabei wurde die Blattfläche mit einem automatischen Blattflächenmessgerät vom Typ Li3100 (Fa. LiCor, Lincoln, Nebraska, USA) ermittelt und die Trockenmasse nach Gefriertrocknung gravimetrisch bestimmt. Die Kohlenhydratgehalte wurden durch schrittweisen enzymatischen Abbau und die Mineralstoffgehalte nach Standardmethoden bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS und einer zweifaktoriellen ANOVA-Varianzanalyse mit Tukeytest auf Signifikanzen bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit.

Ergebnisse und Diskussion

Wechselwirkung zwischen CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf den Mineralstoffgehalt der Erdbeerblätter

Die Ergebnisse der Mineralstoffanalysen (Tab. 2) zeigen, daß der gewünschte Kaliummangel erfolgreich induziert wurde. Die über zehn Wochen ohne Kalium ernährten Erdbeerpflanzen wiesen nur 0,47 % Kalium in der Blatttrockenmasse auf im Vergleich zu den mit Kalium ernährten Pflanzen mit 1,34 % Kalium, d.h. etwa der 2,5fachen Kaliumkonzentration. Durch den induzierten Kaliummangel wurden die Phosphor- und Magnesiumgehalte von 0,27 auf 0,55 bzw. von 0,51 auf 1,01 % in den Blattspreiten gesteigert (Ergebnisse nicht dargestellt).

Erdbeerpflanzen, die drei Wochen unter erhöhter CO_2-Konzentration von 600 ppm CO_2 wuchsen, nahmen über 50 % weniger Kalium auf (Tab. 2) im Vergleich zu Erdbeerpflanzen bei 300 ppm CO_2. Die CO_2-Erhöhung bewirkte durch verstärktes Wachstum neben

Tab. 3. Einfluss der Kaliumernährung und CO_2-Konzentration auf die Blattentwicklung bei Erdbeeren.
Influence of potassium nutrition and CO_2 concentration on leaf development in strawberry.

Kaliumernährung	CO_2-Konzentration	Blattfläche [cm²]	Blattzahl
ohne Kalium	300 ppm CO_2	698 b	43 b
ohne Kalium	600 ppm CO_2	582 b	31 b
mit Kalium	300 ppm CO_2	1973 a	79 a
mit Kalium	600 ppm CO_2	1988 a	74 a
GD (5%)		348	14

Tab. 4. Einfluss der Kaliumernährung und CO_2-Konzentration auf die Trockensubstanzverteilung bei Erdbeeren in g pro Pflanze.
Influence of potassium nutrition and CO_2 concentration on dry matter partitioning in strawberry [dry mass in grams per plant].

Kaliumernährung	CO_2-Konzentration	Wurzel	Kelch	Stengel	Blatt	Blüte	Frucht	Summe
ohne Kalium	300 ppm CO_2	1,60	2,44	1,76	6,37	0,67	3,92	16,22 b
ohne Kalium	600 ppm CO_2	1,34	2,09	1,34	5,91	0,28	4,48	14,43 b
mit Kalium	300 ppm CO_2	4,19	5,20	4,48	15,89	1,35	8,31	39,42 a
mit Kalium	600 ppm CO_2	3,93	4,88	5,15	16,43	1,39	15,57	47,33 a
GD 5%		1,03	1,47	0,83	0,23	0,41	4,78	8,90

Tab. 5. Einfluss der Kaliumernährung und CO_2-Konzentration auf Fruchtertrag und Fruchtqualität.
Influence of potassium nutrition and CO_2 concentration on fruit yield and fruit quality.

Kaliumernährung	CO_2-Konzentration	Fruchtertrag [g]	Lösl. Trockenmasse [%]	Gesamtsäure [%]	Zucker:Säure-Verhältnis
ohne Kalium	300 ppm CO_2	39 b	2,48 b	0,60 c	4,1 a
ohne Kalium	600 ppm CO_2	54 b	2,57 b	0,71 c	3,6 a
mit Kalium	300 ppm CO_2	124 a	3,39 a	0,85 b	4,0 a
mit Kalium	600 ppm CO_2	155 a	3,45 a	0,98 a	3,5 a
GD 5%		52	0,34	0,13	0,81

dem Kaliummangel (Tab. 2) nach 3 Wochen CO_2-Anreicherung auch einen relativen Stickstoffmangel der Erdbeeren.

Wechselwirkung zwischen CO_2 -Konzentration und Kaliumernährung auf die Blattbildung

Die mit Kalium ernährten Kontrollpflanzen bildeten eine Assimilationsfläche von durchschnittlich 1973 cm² pro Pflanze im Vergleich zu den Kaliummangelpflanzen mit nur ca. 700 cm² Blattfläche (Tab. 3). Die CO_2-Erhöhung steigerte das vegetative Wachstum nicht weiter (Tab. 3), weil die Pflanzen bereits ihre Assimilationsfläche zu Beginn der CO_2-Behandlung ausgebildet hatten.

Wechselwirkung zwischen CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf die Trockensubstanzverteilung

Erdbeerpflanzen mit ausreichender Kaliumversorgung bildeten im Vergleich zu den Kaliummangelpflanzen die 2,5fache Gesamttrockenmasse. Eine Steigerung der CO_2-Konzentration von 300 auf 600 ppm CO_2 hatte jedoch keinen Einfluss auf die Gesamttrockenmasse. Dagegen veränderte CO_2 das Source:Sink-Verhältnis bzw. die Trockensubstanzverteilung der mit Kalium ernährten Erdbeerpflanzen, während die Trockensubstanzverteilung der Kaliummangelpflanzen unverändert blieb. Die mit Kalium versorgten Erdbeerpflanzen erhöhten ihre Fruchttrockenmasse bei 600 ppm um 87% (Tab. 4), was die Ergebnisse von CHEN et al. (1997) mit höheren Fruchterträgen bei der Sorte 'Elsanta' bestätigt und wiesen eine geringere Ausbildung aller vegetativen Organe zugunsten höherer Fruchtgewichte auf (Tab. 4 und 5), was bisher noch nicht untersucht wurde.

Wechselwirkung zwischen CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf den Fruchtertrag und die Fruchtqualität der Erdbeeren

Kaliumversorgung steigerte den Fruchtertag der Erdbeerpflanzen um das 2-3fache, während die CO_2-Anreicherung den Fruchtertrag weniger stark förderte (Tab. 5). Kaliumversorgung und CO_2-Anreicherung steigerten sowohl die Zucker- als auch die Säurebildung der Früchte und damit die Fruchtqualität (Tab. 5). Beide Parameter wurden in etwa gleichem Maße gefördert, wobei das Zucker:Säure-Verhältnis in allen Varianten konstant bei 3,8:1 bis 4,1:1 blieb, so daß die Fruchtqualität verbessert wurde.

Wechselwirkung zwischen CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf die Stärkeeinlagerung

Die Stärkeeinlagerung der Erdbeerblätter wurde bei 300 ppm CO_2 von der Kaliumernährung nicht beeinflußt. Dagegen verdreifachten höhere CO_2-Gehalte von 600 ppm nur bei ausreichender Kaliumversorgung die Stärkeeinlagerung der Erdbeerblätter bis zu 6,4% in der Trockenmasse (Tab. 6).

Tab. 6. Einfluss der Kaliumernährung und CO_2-Konzentration auf die Stärkeeinlagerung bei Erdbeeren [% Stärke der TM].
Influence of potassium nutrition and CO_2 concentration on leaf starch synthesis.

Kaliumernährung	CO_2-Konzentration	Blatt	Spross (Wurzelhals)
ohne Kalium	300 ppm CO_2	2,28 [b]	1,26 [a]
ohne Kalium	600 ppm CO_2	1,28 [b]	0,56 [a]
mit Kalium	300 ppm CO_2	2,28 [b]	1,27 [a]
mit Kalium	600 ppm CO_2	6,41 [a]	1,34 [a]
Statistik	GD (5%)	1,12	0,88

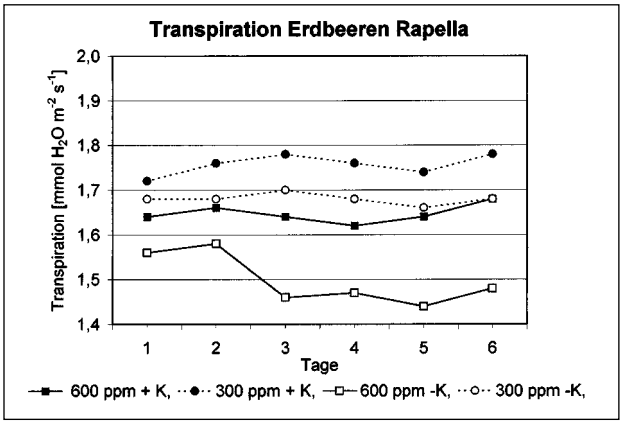


Abb. 2. Einfluss der CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf die Transpiration fruchtender Erdbeerpflanzen der Sorte 'Rapella'.
Influence of CO_2 concentration and potassium nutrition on transpiration of cv. 'Rapella' strawberry.

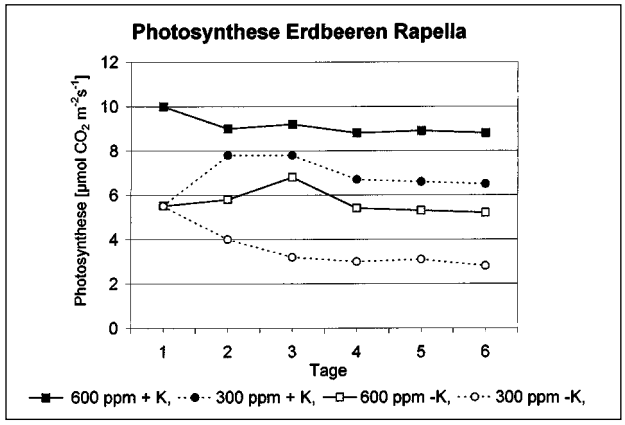


Abb. 1. Einfluss von CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf die Photosynthese fruchtender Erdbeerpflanzen der Sorte 'Rapella'.
Influence of CO_2 concentration and potassium nutrition on photosynthesis of cv. 'Rapella' strawberry.

Wechselwirkung zwischen CO_2-Konzentration und Kaliumernährung auf die Photosynthese und Transpiration

Bereits nach 24 h erhöhte die CO_2-Anreicherung von 300 auf 600 ppm CO_2 die Photosynthese bei den mit Kalium versorgten Erdbeerpflanzen bei 600 μmol PAR m^{-2} s^{-1} bis auf Werte von 10 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} und damit auf 33% über diejenige bei 300 ppm CO_2. Die positive Wirkung der erhöhten 600 ppm CO_2-Konzentration auf die Photosynthese war nur bei der bedarfsgerechten Kaliumernährung von 1,25 mval/L wirksam und hielt während der dreiwöchigen Dauer der CO_2-Anreicherung an. Dies bestätigt die Ergebnisse von CHEN et al. (1997) bei nicht-fruchtenden Erdbeerpflanzen der Sorte 'Elsanta'. Bei Kaliummangel führte die erhöhte CO_2-Konzentration von 600 ppm dagegen zu einem deutlichen Absinken der Photosynthese (Abb. 1), was auf den induzierten Kalium- und Stickstoffmangel zurückgeführt wird (Tab. 2). Die hohe CO_2 Konzentration reduzierte die Transpiration der Erdbeerpflanzen (Abb. 2), so dass Kaliummangelpflanzen von allen 4 Varianten bei erhöhtem CO_2 am wenigsten transpirierten in Übereinstimmung mit Ergebnissen an entblüteten 'Bogota'-Erdbeeren von SRUAMSIRI und LENZ (1986).

Eigenarten und Mechanismen der Kaliumaufnahme

Die Kaliumaufnahme der Pflanze unterscheidet sich grundsätzlich von der anderer Ionen. Die Kaliumaufnahme geschieht mittels Protonentransport, einem K^+:H^+ Symporter mit einer Stöchiometrie von 1:1. Dabei wirken zwei parallele Aufnahmemechanismen mit einer hohen und einer geringen Affinität für Kalium. Bei ausreichender Kaliumversorgung wird die K^+ Aufnahme durch Ionenkanäle bevorzugt und die K^+:H^+ Symporter in ihrer Aktivität reduziert. Dagegen funktionieren bei Kaliummangel beide Aufnahmemechanismen gleichzeitig und führen zu erhöhter, vor allem cyan-insensitiver, Wurzelatmung (SINGH und BLANKE, 2000).

Schlußfolgerungen

Mit der vorliegenden Untersuchung wird dieses langjährige Projekt des Institutes für Obstbau und Gemüsebau der Universität Bonn zur Wirkung erhöhter CO_2 Konzentrationen auf Erdbeeren abgeschlossen. Insgesamt liegen nun 3 Studien von SRUAMSIRI und CHEN zu diesem Thema bei den Kurztagssorten 'Bogota' und 'Elsanta' und von ECKSTEIN bei der remontierenden Sorte 'Rapella' vor, deren Ergebnisse trotz unterschiedlicher Sorten und Fragestellungen Übereinstimmungen zeigen (Tab. 7). Da die intensivste Anbauform bei Erdbeeren mit Frigopflanzen nur eine Kulturdauer von 6-7 Wochen aufweist, eignen sie sich besonders für eine CO_2-Anreicherung, weil die positiven Effekte langfristig nach mehreren Monaten durch Nährstoffmangel und natürliche Anpassungsmechnismen z.B. Downregulation der Photosysteme und der RUBISCO sowie Abbau von Chlorophyll verloren gehen können. Eine

Tab. 7. Anpassungsmechanismen von Erdbeeren an erhöhte CO_2-Konzentrationen (600 ppm CO_2) in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung (Kontrolle 300 ppm CO_2).
Responses of strawberry to CO_2 enrichment and nutrition.

Parameter	bei Nährstoffversorgung	bei Nährstoffmangel
Fruchtertrag	erhöht	unverändert
Fruchtgewicht	gefördert	unverändert
Fruchtqualität	gefördert	unverändert
Fruchtzucker	gefördert	unverändert
Fruchtsäure	gefördert	unverändert
Zucker:Säure-Verhältnis	unverändert/gefördert	unverändert
Blattbildung	gefördert	unverändert
Ausläuferbildung	erhöht	unverändert
Nährstoffaufnahme	erhöht	erniedrigt
Photosynthese	erhöht	erniedrigt
Stärkeeinlagerung	ohne Einfluss	ohne Einfluss
Trockenmassebildung	ohne Einfluss	ohne Einfluss
Trockenmasseverteilung	zugunsten der Frucht	zugunsten der Frucht
Transpiration	erniedrigt	erniedrigt
Wasserausnutzung	erhöht	erhöht
Wasserverbrauch	erniedrigt	erniedrigt

Erhöhung der CO_2-Konzentration führt bei ausreichend mit Nährstoffen versorgten Erdbeerpflanzen über mehrere Wochen zu einer Steigerung der Photosynthese, der Stärkeeinlagerung der Blätter und des Fruchtertrages (Tab. 7). Erdbeeren bilden insofern eine Ausnahme, als sie zu der kleinen Pflanzengruppe gehören, die bei erhöhtem CO_2 weniger transpirieren, wodurch dann ihre Wasserausnutzung steigt und ihr Wasserbedarf pro kg Fruchtertrag sinkt. Damit werden beim Anbau unter erhöhten CO_2-Bedingungen mehr Nährstoffe für die höhere Photosynthese und das stärkere Wachstum benötigt und im Fall der Erdbeere aber keine erhöhte Bewässerung.

Wir danken Dr. F. Lippert, Bonn und Dr. Birgit Uhlig, Sarstedt für kritische Durchsicht des Manuskriptes, Libeth Schwager für das Anfertigen der Zeichnungen und Prof. Dr. F. Lenz, Bonn für die Betreuung des Projektes.

Literatur

BLANKE, M. M. 1995: Wieviel CO_2 veratmet eine Erdbeerwurzel? Erwerbsobstbau **37**, 46–48.

CHEN, K. und F. LENZ 1997: Responses of strawberry to doubled CO_2 concentration and phosphorus deficiency. Gartenbauwissenschaft **62**, 30–37.

CHEN, K., N. KEUTGEN, M. M. BLANKE und F. LENZ 1997: Effects of CO_2 concentration on strawberry. II: Leaf photosynthetic function. Angewandte Botanik **71**, 173–178.

CHEN K., G. HU und F. LENZ 1997: Effects of CO_2 concentration on strawberry. VI. Fruit yield and quality. Angewandte Botanik **71**, 195–200.

CHOUREITAH, A. und G. BÜNEMANN 1970: Die Beeinflussung von Inhaltsstoffen durch K-Versorgung bei Erdbeeren. Gartenbauwissenschaft **35**, 419–427.

DICKMANN, M. und M. M. BLANKE 2000: Atmung der Erdbeerwurzel zwischen Frigostadium und Ernte. Erwerbsobstbau **42**, 21–24.

LENZ, F. 1993: Wirkung steigender CO_2 Konzentrationen in der Atmosphäre auf die Nutzpflanzen. 45. Hochschultagung Bonn, Reihe B – Beratung und Forschung, Düsseldorf, 39–49.

LIETEN, P. 1998: Erdbeeren: Rinnenkultur. Rheinische Monatsschrift **86**, 372–374.

SINGH, P. und M. M. BLANKE, 2000: Deficiency of potassium but not phosphorus enhances root respiration. Plant Growth Regulation **30** (3) 00–00 (im Druck)

SRUAMSIRI, P. und F. LENZ 1986: Photosynthese und stomatäres Verhalten bei Erdbeeren (Fragaria ananassa Duch.) IV. Einfluß von Kohlendioxid und Sauerstoff. Gartenbauwissenschaft **50**, 221–227.

Eingegangen: 10.2.1999/23.6.1999

Anschrift der Verfasser: Dr. K. Eckstein und Dr. M. M. Blanke (Korrespondenz), Institut für Obstbau und Gemüsebau, Auf dem Hügel 6, 53121 Bonn.