



Organische Düngung und Gehalt an B-Vitaminen in Pflanzen

Ahmad MOZAFAR, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETHZ, Versuchsstation Eschikon, CH-8315 Lindau

Die Pflanzenwurzeln sind in der Lage, Vitamin B₁₂, das im Boden oder im Mist vorhanden ist, aufzunehmen und in die Blätter zu transportieren. Organische Dünger, die reich an Vitamin B₁₂ sind, könnten eine Anreicherung des Bodens mit diesem Vitamin und demzufolge eine Erhöhung des Vitamingehaltes der Pflanzen bewirken. Es ist zu vermuten, dass der Verzehr von organisch gedüngten Pflanzen unabsichtlich denjenigen Menschen nützlich sein könnte, die sich zwangsläufig (in Entwicklungsländern) oder aus ethischen Gründen (in Industrienationen) streng vegetarisch ernähren, und der Gefahr von Vitamin B₁₂-Mangel ausgesetzt sind.

Obst und Gemüse aus biologischem Anbau erfreuen sich steigender Beliebtheit, teilweise aufgrund der Annahme, dass diese eine höhere Qualität haben als Produkte aus «konventionellem» Anbau. In der Regel werden biologisch angebaute Pflanzen, neben geringem oder keinem Einsatz von Pestiziden, nur mit organischen Düngern (verschiedene Dünger tierischer Herkunft, Komposte, usw.) gedüngt und nicht mit «chemischen» Düngemitteln. Es ist daher von Interesse zu wissen, ob diese organischen Substanzen messbare Qualitätsfaktoren, wie zum Beispiel den Vitamingehalt, beeinflussen (Mozafar 1994).

Organischer Dünger und Vitamingehalt

Die Wirkung organischer Dünger auf den Vitamingehalt von Pflanzen wurde schon vor langer Zeit beobachtet. Zum Beispiel bemerkten 1950 Antoniani und Monzini, dass die Bewässerung von Futterpflanzen mit ungeklärtem Abwasser gegenüber geklärtem Wasser den Vitamin B₁ (Thiamin)-Gehalt von Pflanzen um beinahe das Sechsfache erhöhte (1368 gegenüber 235 µg/100 g). Wilberg (1972) berichtet, dass biologisch angebaute Spinat mehr als doppelt soviel Vitamin B₁ enthielt als nach konventionellen Methoden angebaute Spinat (400 gegenüber 180 µg/100 g TS). Leclerc und Mitarbeiter (1991) bemerkten, dass von biologischen Betrieben in Frankreich gekaufte Karotten tendenziell höhere Gehalte an Vitamin B₁ und Niacin hatten; die Unterschiede waren jedoch sta-

tistisch nicht signifikant. Andererseits berichten Singh und Dhar (1986), dass Mungobohnen und Weizen, die mit Kuhdung oder Zuckerrohrabgasen gedüngt wurden, signifikant mehr Vitamin B₁ enthielten als die Kontrollpflanzen.

Ist der höhere Vitamingehalt von organisch gedüngten Pflanzen auf eine höhere Vitaminsynthese in den Pflanzen oder auf

eine höhere Aufnahme von «Bodenvitaminen» durch die Wurzeln zurückzuführen? Frühere Untersuchungen vermuteten, jedoch ohne einen experimentellen Nachweis zu erbringen, dass ein Teil der in Pflanzen gefundenen Vitamine aus dem Boden stammen könnte, das heisst, durch die Wurzeln aufgenommen wurden. Das Ziel dieser Studie war es daher, den Einfluss organischer Dünger, wie Kuhmist der sehr reich an Vitamin B₁₂ (Cyanocobalamin) ist, auf den Gehalt dieses Vitamins in Pflanzen zu untersuchen. Wir studierten deshalb die Aufnahme von Vitamin B₁₂, weil die Pflanzen dieses Vitamin selber nicht herstellen können und daher dessen eventueller Nachweis in der Pflanze auf die Aufnahme durch die Wurzeln zurückzuführen ist.

Bodenbehandlung mit Kuhmist

Zur Untersuchung der Aufnahme von Vitamin B₁₂ aus Böden, in denen Vitamin B₁₂ oder Kuhmist eingemischt wurde, wurden Sojabohnen (*Glycine max.* Merr. cv. Maple Arrow), Gerste (*Hordeum vulgare* cv. Atos), und Spinat (*Spinacia oleracea* L. cv. Monnopa) als Testpflanzen eingesetzt. Als Behandlungsfeld wurden 0 und 10 mg Vitamin B₁₂ oder 10 g getrockneter Kuhmist pro kg luftgetrocknenen Boden eingemischt. Der Kuhmist (Mist ohne Strohbeimengung) wurde frisch vom Milchviehbetrieb der Kantonalen Landwirtschaftsschule Strickhof geholt. Der Mist wurde zunächst luftgetrocknet (bei 25-35°C für 3-4 Tage), in kleine Stücke gebrochen und schliesslich durch ein 5-mm Sieb gesiebt. Der Boden für die Kontrolle wurde nach demselben Verfahren mit der gleichen Menge an Quarzsand gemischt.

Die Pflanzen wurden in Töpfe mit ca. 2,5 kg Boden ausgesät. Der verwendete Boden war Lehm von einer Parabraunerde (pH = 6,5) vom Feld der ETH-Versuchsstation Eschikon. Die Pflanzen wuchsen im Gewächshaus (16 h Photoperiode und Temperaturen von 22-24°C tags, bzw. 18/19°C nachts). Die Pflanzen wurden während der gesamten Wachstumsdauer zweimal wöchentlich mit einer 1/5-verdünnten Hoagland-Lösung gegossen. Die Versuche wurden fünfmal wiederholt. Die Wirkung langfristiger Ausbringung mineralischer oder mineralisch-organischer Dünger auf den Vitamin B₁₂-Gehalt des Bodens wurde durch Bestimmung der Vitamin B₁₂-Gehalte in Bodenproben aus einem Langzeitdüngungsversuch an der Versuchsstation Tänikon bestimmt; auf den Parzellen wurde seit 1973 die Ertragswirkung von Fruchtfolge, organischer und mineralischer Dünger und Herbizideinsatz untersucht (Srzednicki 1977). Die Bodenproben sind im Oktober 1989 von Parzellen mit reduziertem Herbizideinsatz genommen und kurz danach analysiert worden. Die Konzentration von Vitamin B₁₂ in den Pflanzenorganen (Blätter oder Samen) und in der Erde wurde mit der Radioisotopen-Verdünnungsmethode bestimmt (Mozafar und Oertli 1992a).

Organische Dünger erhöhen Vitamin B₁₂-Gehalt

Die Zugabe von Vitamin B₁₂ beziehungsweise Kuhmist hatte keinen Einfluss auf den Vitamin B₁₂-Gehalt in den Sojabohnensamen, erhöhte jedoch signifikant den Gehalt in den Gerstenkörnern und in den Blättern bei Spinat. Zum Beispiel führte die Ausbringung von 10 g Kuhmist/kg Boden zu einer Erhöhung des B₁₂-Gehalts in Gerstenkörnern um mehr als das Dreifache (von 2,6 auf 9,1 µg/kg TS) und in Spinatblättern um nahezu das Zweifache (von 6,9 auf 17,8 µg/kg TS) (Tab. 1). Die Zugabe von reinem Vitamin B₁₂ zum Boden erhöhte den Gehalt an Vitamin B₁₂ in den Spinatblättern 34-fach (235 gegenüber 6,9 µg/g TS).

Vitamine in Boden, Mist und anderen Quellen

Die langfristige Anwendung organischer Dünger führte ungefähr zu einer Verdoppelung des Vitamin B₁₂-Gehalts im Boden im Vergleich zu Böden, die nur mit anorganischen Düngern gedüngt wurden. Bei maisbetonten Fruchtfolgen war der Vitamin B₁₂-Gehalt im Vergleich zu praxisüblichen Fruchtfolgen geringer (Tab. 2). Böden enthalten verschiedene Vitamine aus diversen Quellen: a) Aktivität von Bodenmikroorganismen, b) organische Dünger pflanzlicher oder tierischer Herkunft und c) Wurzelexudate. Im Boden leben ausserdem Mikroorganismen, für die bestimmte Vitamine essentiell sind. Die Vitamin B₁₂-Konzentration im Boden ist ungefähr so hoch wie die von Rindfleisch, also kann Boden als eine der reichsten natürlichen Quellen für Vitamin B₁₂ angesehen werden (Tab. 3). Selbst wässrige Bodenextrakte (1:1 oder 1:2) enthalten Konzentrationen dieses Vitamins von ungefähr 2 bis 8 µg L⁻¹, was dem Gehalt in Kuhmilch entspricht (Smith 1960). Mikroorganismen sind auch die Hauptquelle von Vitamin B₁₂ für Tiere. Die bakterielle Synthese dieses Vitamins im Verdauungstrakt von Tieren und seine Aufnahme durch die Darmwand machen einen grossen Anteil der Vitaminmenge aus, die im tierischen Gewebe gefunden wird. Ein relativ hoher Anteil des im Verdauungstrakt produzierten Vitamins B₁₂ wird jedoch wieder mit dem Kot ausgeschieden. Beim Schaf werden zum Beispiel 95 % des Vitamins B₁₂, das im Darmtrakt produziert wird, mit dem Kot

Tab. 1. Vitamin B₁₂-Gehalt (µg/kg TS) in Sojabohnensamen und Gerstenkörnern sowie in Spinatblättern bei Düngung mit Kuhmist (10 g/kg Boden) oder Einmischen von Vitamin B₁₂ (10 mg/kg Boden). Die Kontrollpflanzen wuchsen unter gleichen Bedingungen, ohne Beimengungen zum Boden auf

Behandlung	Sojabohnen	Gerste	Spinat
Kontrolle	1,6a ¹	2,6a	6,9a
Kuhmist	2,9a	9,1b	17,8b
Vitamin B ₁₂	3,1a	10,8b	235,0c

¹ Werte in jeder Säule mit verschiedenen Buchstaben sind signifikant verschieden (P < 0,05).

Tab. 2. Vitamin B₁₂-Gehalt von Böden aus einem Langzeit-Feldversuch in der Versuchsstation Tänikon, nach sechzehn Jahren mit verschiedenen Düngungs- und Fruchtfolgeverfahren Srzednicki 1977)

Düngung	Fruchtfolge ¹	B ₁₂ (µg/kg fr. Boden)
Mineralisch	Praxisüblich	9b ²
Mineralisch	Maisbetont	5a
Organisch-mineralisch	Praxisüblich	14c
Organisch-mineralisch	Maisbetont	10b

¹ Praxisüblich: Weizen, Kartoffeln, Sommergerste, Kunstwiese, Kunstwiese.

² Maisbetont: Weizen, Ackerbohnen, Mais, Mais, Mais.

² Werte mit verschiedenen Buchstaben sind signifikant verschieden (P < 0,05).

Tab. 3. Mittlere Konzentration (µg/kg TS) der Vitamine B₁ und B₁₂ in Böden mit organischen Abfallstoffen und einigen anderen Materialien (nach verschiedenen Quellen)¹

Quelle	B ₁	B ₁₂
Boden	10	40
Bodenextrakt ²		5
Klärschlamm	13000	5000
Klärwasser ²	0,2	
Kuhmist	130	600
Schafdung		1200
Fleisch (Rind) ³		20
Leber (Rind)		2000

¹ Die Werte weisen sehr grosse Schwankungen auf.

² µg/L

³ Frischgewicht

ausgeschieden (Friedrich 1975), der in den meisten Fällen auf dem Boden landet. Darum enthalten organische Substanzen, wie Mist und Gülle, beträchtliche Konzentrationen an Vitaminen, die um mehrere Grössenordnungen höher sein können als die Konzentrationen in den meisten Böden. In Kuhmist, zum Beispiel, ist der Gehalt an Vitamin B₁₂ 10 bis 100-fach höher und der Gehalt an Thiamin (Vitamin B₁) um ein Mehrfaches höher als die Konzentration im Boden (Tab. 3). Bei so hohen Vitamingehalten ist es möglich, dass die Düngung von Böden mit organischen Abfällen oder die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Flächen eine temporäre oder langfristige Wirkung

auf den Gehalt mancher Vitamine, vor allem den von Vitamin B₁₂ im Boden, hat. Ausserdem ist es möglich, dass diese Veränderung der Bodenvitamine einen kurz- oder langfristigen Einfluss auf die Aktivität derjenigen Bodenmikroorganismen hat, für die dieses oder andere Vitamine essentiell sind.

Vitaminverlust im Boden

Mikrobieller Abbau von einigen Vitaminen kann während der Kompostierung von Pflanzenmaterial, oder im Boden stattfinden (Schmidt und Starkey 1951). Im Boden verschwanden zum Beispiel

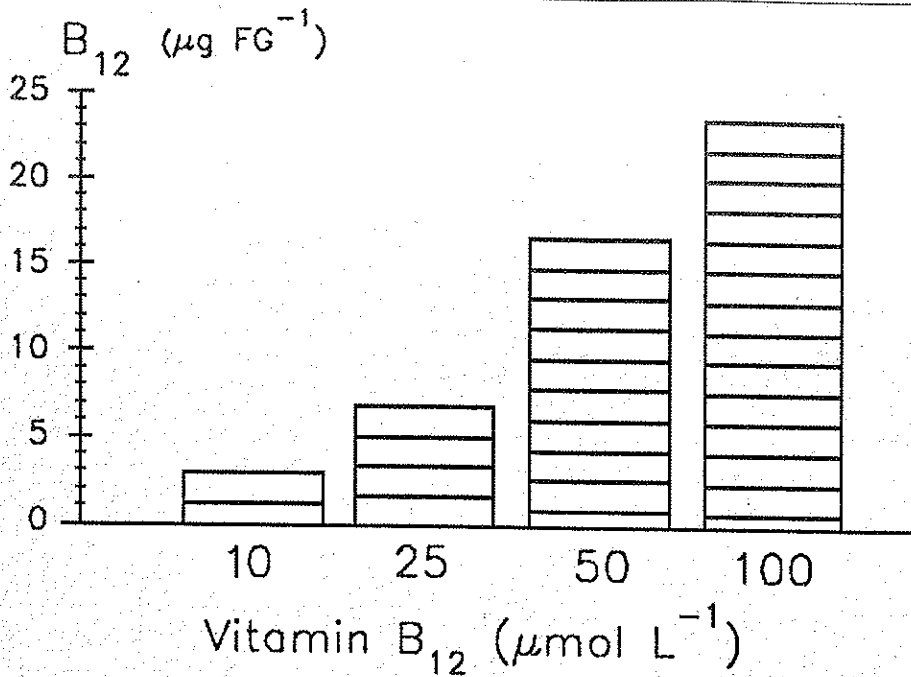


Abb. 1. Konzentration von Vitamin B₁₂ in den Blättern von 14-tägigen Sojabohnenkeimlingen, 24 Stunden nach dem deren Wurzeln in Lösungen mit verschiedenen Vitaminkonzentrationen gestellt wurden (nach Mozafar und Oertli 1992).

mehr als 50% des zugegebenen Riboflavins innerhalb von drei Tagen (Schmidt und Starkey 1951). Obwohl nur sehr we-

nig über den Verbleib anderer Vitamine im Boden bekannt ist, scheint Vitamin B₁₂ gegenüber mikrobiellem Abbau sehr

resistent zu sein (Pratt 1972). Deshalb könnte eine langfristige Ausbringung tierischer Exkremente auf den Boden möglicherweise die Konzentration von Vitamin B₁₂ im Boden erhöhen. Die ermittelten höheren Vitamin B₁₂-Gehalte im Boden von Feldern, die sechzehn Jahre mit einer Mischung organischer und mineralischer Dünger gedüngt wurden gegenüber Feldern, die nur mineralisch gedüngt wurden (Tab. 2), unterstützen die Ansicht, dass Vitamin B₁₂ im Boden relativ stabil ist.

Vitaminaufnahme durch Pflanzen

Unsere früheren Untersuchungen haben gezeigt, dass die Pflanzenwurzeln in der Lage sind, solche relativ grosse Moleküle wie Vitamin B₁₂ aus Nährlösung aufzunehmen und zu anderen Pflanzenteilen zu transportieren (Mozafar und Oertli 1992a, Abb. 1). Auch die Zugabe von Vitamin B₁₂ zum Boden erhöhte die Vitamin B₁₂-Konzentration in den Samen von Gerste und in Spinatblättern um ein Mehrfaches. Diese Ergebnisse widersprechen der Ansicht,

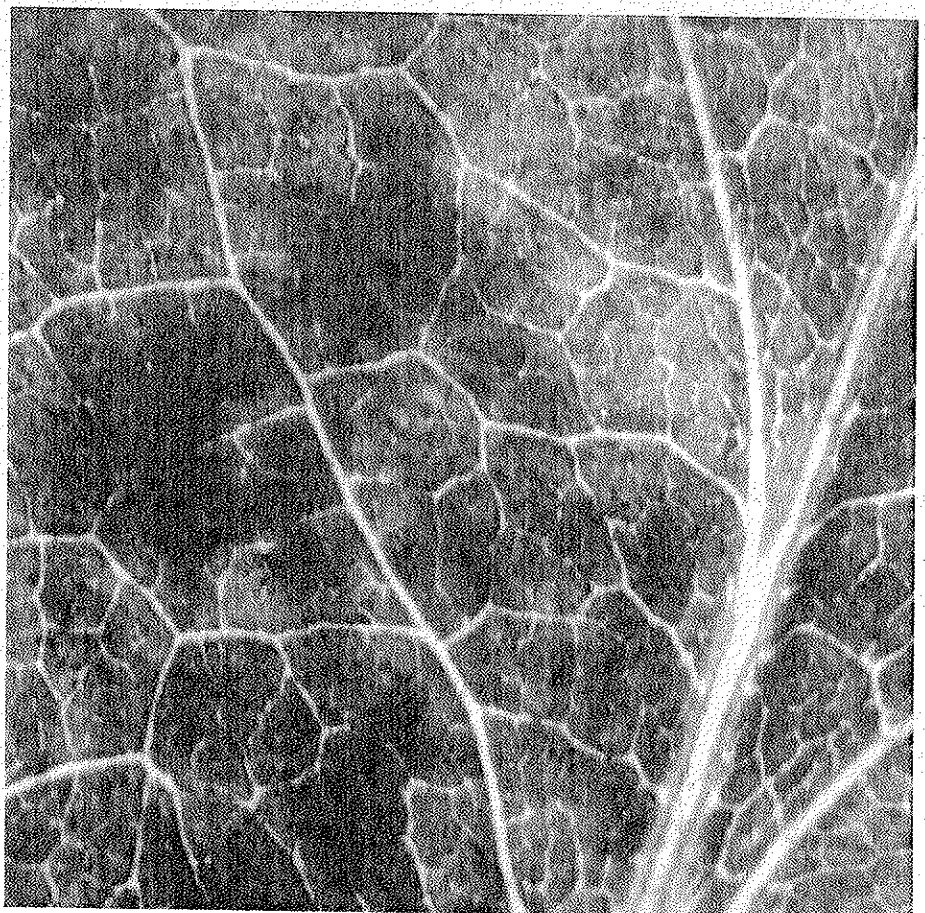
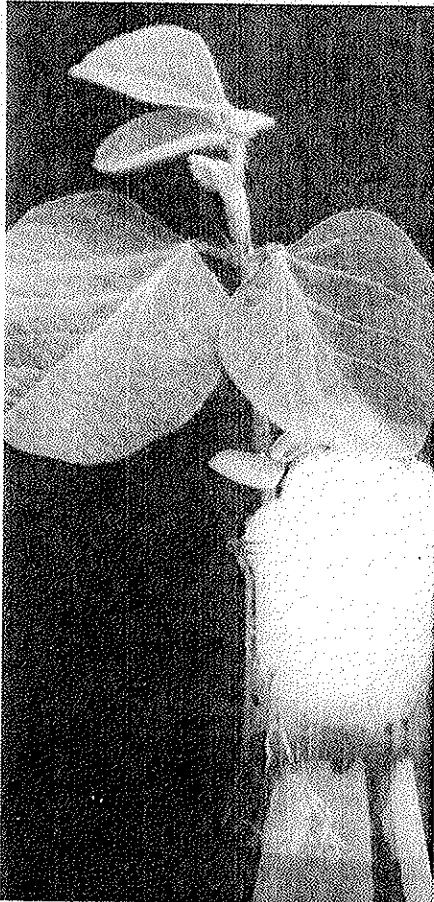


Abb. 2. Rasche Anhäufung von rotfarbigen Vitamin B₁₂-Molekülen in Blättern von Sojabohnen, ca. ein Tag nachdem die Wurzeln in einer 100 µmol L⁻¹ Lösung von Vitamin B₁₂ getaucht wurden. Links: Versuchsanordnung. Rechts: Nahaufnahme des Blattes.

dass Pflanzen überhaupt kein Vitamin B₁₂ enthalten und dass die in Pflanzen gefundene Vitamin B₁₂-Aktivität auf die Kontamination von Pflanzen mit Bodenbakterien zurückzuführen ist (Gräsbeck und Salonen 1976). Deshalb interpretieren wir den beobachteten Anstieg der Vitamin B₁₂-Konzentration in Pflanzen hauptsächlich oder ganz als Aufnahme dieses Vitamins durch die Wurzeln aus dem Boden und nicht durch eine oberflächliche Kontamination oder eine erhöhte Synthese dieses Vitamins in der Pflanze.

Auch Blätter von Pflanzen können Vitamin B₁ und B₁₂ aufnehmen (Mozafar und Oertli 1992a, 1992b) und innerhalb der Pflanzen transportieren. Die Beobachtung, dass die Bewässerung der Pflanzen mit «schmutzigem», aber vitaminhaltigem Wasser (wie zum Beispiel ungeklärtes Abwasser) zu einer Erhöhung des Vitamin B₁-Gehaltes der Blätter von Futterpflanzen (Antoniani und Monzoni 1950) führte, muss interpretiert werden als Vitaminaufnahme durch die Wurzeln und über die Blätter.

Als Schlussfolgerung kann angenommen werden, dass durch den Verzehr von Pflanzen, die mit Dünger tierischer Herkunft (oder mit anderen vitaminhaltigen, organischen Abfallstoffen) gedüngt wurden, die Aufnahme des B₁₂ durch die Konsumenten unbeabsichtigt erhöht wird. Dies kann von besonderem Nutzen für Personen sein, die sich zwangsläufig (in Entwicklungsländern) oder aus ethischen Gründen (in Industrienationen) streng vegetarisch ernähren und oft der Gefahr von Vitamin B₁₂-Mangel ausgesetzt sind (Lewis *et al.* 1986; Tungtrongchitr *et al.* 1993). Eine ähnliche Wirkung auf den Vitamingehalt in der Pflanze dürften oberflächliche Verunreinigungen der Nahrungspflanzen durch Boden- oder Fäkalienpartikel erzielen. In beiden Fällen bedeutet dies eine Aufnahme von Vitamin B₁₂ auf dem Umweg über die Pflanze und nicht direkt aus tierischen Produkten. Somit sind Erklärungen in medizinischen Zeitschriften, die das seltene Auftreten von Vitamin B₁₂-Mangel bei Vegetariern mit der Kontamination pflanzlicher Nahrungsmittel durch Bodenpartikel oder Fäkalien zu interpretieren versuchten, nur die halbe Wahrheit. Schliesslich ist zu erwähnen, dass die hier dargestellten positiven Wirkungen organischer Dünger auf den Vitamingehalt der Pflanze nicht ohne Berücksichtigung hygienischer Aspekte und der Schwermetallbelastung betrachtet werden sollten. Eine detailliertere Dar-

stellung der unterschiedlichen Auswirkungen von organischen und konventionellen Anbaumethoden, Schwermetallen und Pflanzenschutzmitteln auf den Vitamingehalt von Pflanzen wurde bereits veröffentlicht (Mozafar 1994).

DANK

Diese Arbeit wurde finanziert durch Hoffmann-La Roche, Basel und KWF. Der Autor dankt Herrn Roland Waldvogel für die technische Mitarbeit, der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Tänikon und Dr. W. G. Sturny für die freundliche Zustellung der Bodenproben aus dem Langzeitdüngungsversuch für die Vitaminanalysen. Für die Übersetzung danke ich Frau R. Rautenkranz und Frau Dr. C. Marguerat.

LITERATUR

Das vollständige Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

RÉSUMÉ

Engrais organique et teneur en vitamines dans les plantes

Une étude de littérature a montré que des plantes ayant reçu un engrais organique ont des teneurs en vitamines B₁ et B₁₂ supérieures à celles ayant reçu un engrais minéral. Récemment il a été démontré que les racines végétales sont capables d'absorber les vitamines B₁ et B₁₂. Ceci laisse penser que des engrais organiques (fumure, purin de différentes origines, boues d'épuration à concentration élevée en différentes vitamines) apportent des vitamines supplémentaires dans le sol et que cela augmente les teneurs en vitamines dans les plantes. Nous avons étudié cette possibilité en analysant la teneur en vitamine B₁₂ de graines de soja et d'orge et dans les feuilles d'épinards qui ont poussées dans un sol enrichi respectivement avec de la vitamine B₁₂ et du fumier de vaches riche en vitamine B₁₂. L'addition de la vitamine B₁₂ ou du fumier n'a pas influencé la teneur en vitamine B₁₂ des graines de soja. Elle a par contre triplé la teneur dans les grains d'orge et l'a doublée dans les feuilles d'épinards. Comme les plantes ne peuvent pas synthétiser cette vitamine, on peut déduire de ces résultats que: a) les racines végétales peuvent retirer du sol la vitamine B₁₂ et b) les plantes ayant reçu de l'engrais organique accusent des teneurs plus élevées en vitamine B₁₂ que les plantes

ayant reçu un engrais minéral. On présume que l'homme qui consomme des végétaux ayant reçu de l'engrais organique absorbe plus de cette vitamine. Ceci peut représenter un avantage certain pour des personnes qui doivent (pays en voie de développement) ou préfèrent (pays industrialisés) se nourrir comme végétariens et qui accusent souvent un déficit en vitamine B₁₂.

SUMMARY

Organic fertilizers and the content of B-vitamins in plants

A review of the literature showed that plants grown with organic fertilizers often contain higher concentrations of vitamins B₁ and B₁₂ as compared with plants grown with chemical fertilizers. Since plant roots were recently shown to be able to absorb vitamins B₁ and B₁₂, it was thus suspected that organic fertilizers (such as manure of diverse sources or sewage sludges which often contain relatively high concentrations of several vitamins) introduce additional vitamins into the soil which in turn leads to increased vitamins in the plants. We studied this possibility by measuring the vitamin B₁₂ content in the seeds of soybeans and barley and in the leaves of spinach plants grown in soils amended with pure vitamin B₁₂ or cow dung (which is naturally rich in vitamin B₁₂). The addition of pure vitamin B₁₂ or cow dung did not alter the vitamin B₁₂ content in the soybean seeds but significantly increased that in the barley kernels by twofolds and in the spinach leaves by nearly twofolds. Since plants cannot synthesize vitamin B₁₂, these findings, along with those previously reported, suggest that a) plant roots can absorb the vitamin B₁₂ present in the soil and that present in the cow dung, and b) plants grown with organic (as compared with inorganic) fertilizers may contain relatively higher concentrations of this vitamin. Consumption of these plants by humans would inadvertently increase the intake of this vitamin. This may be of special benefit to people living by choice or by necessity on strict vegetarian diets who are known to be in danger of vitamin B₁₂ deficiency.

KEY WORDS: organic fertilizers, organic farming, cow dung, vitamin B₁₂, cyanocobalamin