

La séquestration du carbone dans les gazons

Le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O) et les gaz fluorés sont des gaz à effet de serre, GES (en anglais, GreenHouse Gases, GHG), qui contribuent au réchauffement climatique. Le GES ayant la plus forte concentration dans l'atmosphère est le CO_2 , qui a contribué à 81 % des émissions totales de GES en 2018¹. Dans l'écosystème, les plantes sont des acteurs cruciaux impliqués dans la séquestration du carbone, qui est le processus de capture et de stockage du C (carbone) atmosphérique. Alors que tous les organismes vivants libèrent du C par la respiration, le CO_2 atmosphérique ne pénètre dans les écosystèmes terrestres que par la photosynthèse des plantes². Les plantes assimilent le CO_2 , stockent le carbone dans la biomasse végétale et apportent de la matière organique aux sols. Cependant, les plantes et les sols produisent également du CO_2 par la respiration, et les écosystèmes terrestres peuvent être des sources nettes de CO_2 lorsqu'ils perdent plus de carbone stocké qu'ils n'en absorbent annuellement par la photosynthèse. Un large éventail de méthodes et de terminologies est utilisé dans la littérature sur le carbone^{3,4}. La mesure des variations du carbone organique du sol, COS (en anglais, Soil Organic Carbon, SOC), sur une période donnée est un moyen de déterminer si un écosystème est une source nette de carbone. La mesure des variations du COS sur une période donnée est un moyen de déterminer si un écosystème est un puits ou une source nette, ce qui est souvent exprimé dans l'unité de $\text{mg C/m}^2/\text{an}$ (la conversion peut être effectuée à l'aide du tableau 1).

L'échange net de carbone de l'écosystème, ENE (en anglais, Net Ecosystem CO_2 Exchange, NEE), est une autre mesure permettant de savoir si un système plante-sol est un puits ou une source nette de CO_2 atmosphérique à un pas de temps annuel. Sur des échelles de temps courtes (<10 ans), le ENE fournit une approche plus sensible pour quantifier la séquestration du carbone que la mesure des changements dans le COS. Les flux de C peuvent être mesurés régulièrement avec des chambres à gaz scellées ou avec des systèmes de covariance de Foucault pour estimer l'ENE annuelle. Les unités du taux d'accumulation du COS et de l'ENE sont exprimées en poids de carbone élémentaire (C) ou de CO_2 par unité de surface et par an (tableau 1).

Les gazons couvrent une superficie estimée entre 12,8 et 20 millions d'hectares aux États-Unis⁵, qui augmentera probablement avec la population humaine et la croissance du paysage urbain. Les gazons sont largement utilisés pour les sports (golf, football, baseball, tennis,...), les zones résidentielles et commerciales (pelouses des maisons et immobilier commercial) et les municipalités (parcs, écoles

Unit	To Convert Other Units to $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, Multiply by
$\text{Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	0.2727
$\text{kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	0.0002727
$\text{kg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	0.001
$\text{kg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	2.727
$\text{kg C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	10
$\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	0.002727
$\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	0.01
$\text{Mg CO}_2 \text{ km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	0.002727

Conversion des unités de taux de séquestration du carbone.

et bords de route). En plus de leur valeur esthétique et de leurs fonctions, Morgan et al.² ont estimé que 5 Tg (1 Tg = 1 012 g) de carbone étaient séquestrés annuellement par les systèmes de gazon à travers les États-Unis continentaux. En raison de la densité plus élevée du carbone dans le sol par rapport à d'autres utilisations des terres, les pelouses résidentielles sont potentiellement de grands réservoirs de carbone dans le sol⁶⁻⁸. Cependant, le maintien d'un gazon de haute qualité dépend de pratiques culturelles répétées, telles que la tonte, l'irrigation et la fertilisation. Certaines zones gérées intensivement pour le sport, comme les tees et les greens des terrains de golf, ainsi que les terrains d'athlétisme, nécessitent également une coupe verticale, une aération, un épandage de sable et des pesticides. La consommation de carburant et d'énergie pour les tondeuses et autres machines, les pompes d'irrigation ainsi que la production et le transport d'engrais et de pesticides pour les zones à entretien intensif pourraient annuler les avantages de la séquestration du carbone par le gazon. Une autre préoccupation liée à la gestion du gazon, comme de nombreux systèmes agricoles, concerne les émissions de N_2O provenant de l'irrigation et de la fertilisation, qui peuvent contribuer de manière significative au flux net de GES⁹⁻¹¹. En raison du large éventail d'utilisations, d'espèces, d'âges et de pratiques de gestion du gazon, ainsi que des contextes environnementaux dans lesquels le gazon est cultivé, le gazon peut être une source nette ou un puits net de GES. L'objectif de cette revue littéraire est de fournir une compréhension générale des systèmes de gazon, de résumer les recherches actuelles sur leurs impacts climatiques et de souligner les moyens potentiels de réduire leur empreinte climatique. Tout d'abord, nous décrivons les composants végétaux et pédologiques des systèmes de gazon, ainsi que leurs stocks de carbone et leur taux d'accumulation de carbone. Deuxièmement, nous comparons la dynamique du carbone dans les systèmes de gazon gérés pour différentes utilisations et comparons le gazon à d'autres systèmes. Troisièmement, nous résumons les principaux éléments

susceptibles d'influer sur la séquestration du carbone dans les systèmes de gazon, notamment l'âge du gazon, le choix des espèces de gazon, l'utilisation du gazon et les pratiques de gestion. Quatrièmement, nous donnons un aperçu des méthodes utilisées dans l'étude de la dynamique du carbone dans les gazons pour de futures recherches potentielles. Enfin, nous proposons des pratiques de gestion qui pourraient potentiellement augmenter les gains de carbone et réduire les pertes de carbone dans les écosystèmes de gazon.

2. Les gazons

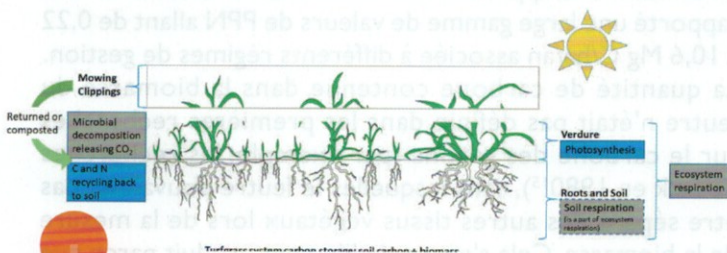
Les gazons sont des plantes vivaces qui ont de longues saisons de croissance et forment une couverture végétale uniforme lorsqu'ils sont gérés correctement. Dans l'écosystème du gazon, l'absorption du CO₂ atmosphérique par photosynthèse se produit dans les feuilles vertes exposées à la lumière, tandis que la respiration du gazon (pousses et racines) et la respiration du sol contribuent à la libérer du CO₂ durant le jour et durant la nuit (figure 1). Contrairement aux graminées fourragères, à d'autres cultures et aux plantes ligneuses, les gazons ne sont pas sélectionnés ou cultivés pour obtenir des rendements élevés de biomasse aérienne, ce qui nécessiterait une augmentation de la tonte. Par conséquent, on s'attend à ce que les gazons stockent de plus petites quantités de carbone sous forme de biomasse végétale aérienne¹². Un système racinaire étendu est une caractéristique importante pour que le gazon puisse supporter des conditions de stress défavorables¹³. Cependant, si l'on tient compte du taux de renouvellement des racines, le carbone stocké dans la biomasse racinaire peut ne pas être un réservoir de carbone fiable. Les taux de renouvellement

élevés des racines de gazon indiquent que les racines sont rapidement décomposées et se renouvellent environ tous les deux ans^{12,14,15}. Le carbone dans les systèmes de gazon est donc principalement stocké dans le sol sous forme de carbone organique. Le COS dans les sols de gazon diminue généralement avec la profondeur du sol, et l'accumulation la plus rapide se produit généralement près de la surface du sol¹⁶⁻²⁰.

2.1 Stocks de carbone organique du sol

Dans la littérature, les pelouses sont généralement considérées comme des puits de carbone, avec la réserve que les pratiques de gestion peuvent considérablement affecter la production et le stockage du carbone. Les sols à texture fine et à forte teneur en argile sont plus aptes à stabiliser le COS et à réduire le taux de décomposition²¹; cependant, les sols à forte teneur en argile sont enclins au compactage et ne conviennent donc pas aux gazons soumis à un trafic intense, comme les terrains de sport et de golf. Pour cette raison, les terrains de sport, ainsi que les greens et les tees des terrains de golf, sont généralement construits avec du sable et ont généralement moins de COS que les pelouses cultivées sur des sols natifs^{22,23}. Cependant, les recherches ont montré que la texture du sol n'a pas toujours une influence significative sur les stocks de COS dans les pelouses résidentielles^{16,17,24,25}.

Des écarts importants ont été signalés pour les stocks de COS des pelouses en raison de la grande diversité des environnements dans lesquels elles sont cultivées. Selhorst et Lal¹⁸ ont rapporté un stock moyen de COS de 45,8 ± 3,5 mg C/ha dans différentes villes des Etats-Unis, allant de 20,8 à 96,3 mg C/ha. Une autre unité couramment utilisée dans la littérature pour les stocks est le kg/m²; par souci de cohérence avec les taux de séquestration du carbone rapportés en mg C/ha/an, les stocks de COS ont été convertis en mg C/ha en multipliant les kg/m² par 10 (1kg/m² = 10 mg/ha). En accord avec l'étude de Selhorst et Lal¹⁸, les études sur les pelouses résidentielles matures ont également rapporté un large éventail de stocks de carbone de 155²⁶, 108,3²⁴, 69,5²⁰, 65,0²⁷, 50,2¹⁷, 38,6¹⁶, et 19,7 mg C ha⁻¹²⁸. Pouyat et al.⁶ ont compilé des données provenant de plusieurs villes et ont estimé les stocks moyens de COS à 71 et 144 Mg C/ha pour les parcs et les pelouses résidentielles, respectivement. En



Stockage du carbone dans les systèmes de gazon : carbone du sol + biomasse.



Le gazon c'est notre passion.

Pour de bonnes performances de jeu, nous avons besoin d'un gazon parfait. Avec un programme complet de machines haut de gamme, nous fournissons des solutions globales pour l'entretien mécanique et la régénération du gazon.

Wiedemann GmbH | Am Bahnhof | 89192 Rammingen | ALLEMAGNE | Tel. +49 7345 953-0
www.wiedemann.com



Un bon entretien
 du gazon pour une bonne
 performance de jeu.

Nouvelle-Zélande, Weissert et al.²⁹ ont rapporté un stock de COS de 48 mg C/ha pour les parcs urbains. Lors de l'étude de 13 terrains de golf dans la banlieue sud-est de Melbourne, en Australie, Livesley et al.³⁰ ont rapporté que la densité de COS variait de 49,8 à 147,5 mg C/ha dans les sols de rough et de fairway. D'autres sols de gazon urbain (y compris les pelouses de parcs, les pelouses de campus, le gazon de bord de route et les terrains d'athlétisme) ont également été signalés comme des stocks de COS de 13-49 mg C/ha à 15 cm de profondeur³¹ et 106-262 mg C/ha à 1 m de profondeur³².

Malgré le large éventail de stocks de COS rapportés pour le gazon, les études ont montré des stocks de COS beaucoup plus similaires dans les pelouses résidentielles que dans la végétation naturelle (comme les forêts, les prairies et les écosystèmes désertiques selon le climat) dans des villes aux climats distincts^{7,33}. Par exemple, des stocks de COS similaires ont été signalés entre les pelouses résidentielles de Baltimore, MD (110 mg C/ha), et de Denver, CO (127 mg C/ha), probablement en raison des efforts de gestion plus importants dans la région de Denver pour compenser la contrainte du climat sec⁷. Dans les climats arides, on signale souvent que le gazon a des stocks de COS plus élevés que la végétation indigène^{7,33-35}. Une étude menée sur l'utilisation des terres urbaines à Phoenix, AZ, a également conclu que les aménagements paysagers mésiques avec des pelouses bien arrosées constituaient un puits net de CO₂³⁶. Cependant, ces études mettent en évidence un compromis entre les ressources en eau et les avantages potentiels de la séquestration du carbone par le gazon. Bien que les gazons puissent accumuler d'importants stocks de COS dans les climats arides, ils nécessitent une irrigation et d'autres pratiques de gestion. En utilisant le modèle CENTURY pour simuler les systèmes de gazon, Trammell et al.³⁷ ont démontré que les pratiques de gestion pouvaient être un facteur potentiel d'accumulation du COS. La recherche sur les pratiques de gestion du gazon est résumée et discutée séparément dans une autre section de cette revue.

2.2. Biomasse et productivité primaire nette

Les stocks élevés de COS dans les systèmes de gazon sont dus aux apports importants de carbone provenant de la biomasse végétale^{38,39}. Le gazon nouvellement semé a rapidement augmenté les stocks de carbone de la biomasse ; la biomasse aérienne et la biomasse racinaire (1,8-3,4 et 1,0-2,2 mg C/ha respectivement), trois ans après l'établissement, avaient plus que doublées par rapport à la quantité de biomasse un an après l'établissement⁴⁰. Malgré des taux de croissance rapides, la quantité de carbone stockée dans la biomasse du gazon était relativement faible (2,4²⁸ et 2,4-6,0 mg C/ha⁴¹). Kong et al.³¹ ont rapporté que 0,5-2,1 mg C/ha étaient stockés dans la biomasse aérienne du gazon en plaques contre 12,6-48,9 mg C/ha dans les sols des gazons.

La productivité primaire nette, PPN (en anglais, Net Primary Productivity, NPP), est une mesure des apports de carbone dans un écosystème. La PPN peut être calculée comme la somme des augmentations positives de la biomasse sur pied, ce qui nécessite un échantillonnage périodique. Falk (1980) a proposé un calcul de la PPN qui utilise les

taux de renouvellement pour estimer la production de biomasse¹⁵.

$$PPN = \sum \text{déchets de tonte} + \text{Feutre}_{\text{max}} \times \Theta_s + \text{racine}_{\text{max}} \times \Theta_R$$

Dans cette équation, la PPN est la somme du total des déchets de tonte collectés à chaque tonte, de la production de feutre et de la production de racines. La production de feutre ou de racines est calculée en multipliant la biomasse maximale (feutre_{max} ou racine_{max}, respectivement) par un taux de renouvellement du feutre (Θ_s ou Θ_R respectivement). Dans cette étude, les taux de renouvellement des racines et du feutre ont été mesurés, et une PPN moyenne de 16,5 Mg/ha a été rapportée en poids sec pour les pelouses¹⁵. Qian et al.⁴² ont également rapporté des allocations de biomasse de 4,70, 3,37, 8,08, et 3,25 mg/ha en poids sec de biomasse pour les déchets de tonte, les parties aériennes, le feutre, et les racines, respectivement. En se basant sur l'équation (1) et les taux de renouvellement rapportés par Falk^{14,15}, Qian et al.⁴² ont rapporté une PPN de 12,6 mg/ha en poids de biomasse. Cependant, ces études ont rapporté la PPN en poids sec de biomasse ; la quantité de carbone dans la biomasse n'a pas été quantifiée et peut varier selon le type de tissu. Les taux de PPN en poids de biomasse peuvent être convertis en mg C/ha/an en les multipliant par la teneur en carbone appropriée (%) de chaque type de tissu. Par exemple, Golubiewski³⁴ a indiqué que la teneur en carbone des déchets de tontes était de 44,7 % en poids. Dans une autre étude, la biomasse totale d'une pelouse de féтуque élevée [*Festuca arundinacea* Schreb. = *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort.] était en moyenne de 6,04 mg C/ha avec un peu plus de carbone dans les racines que dans le feutre, et la PPN était en moyenne de 4,50 mg C/ha/an⁴³. En utilisant une approche de modélisation, Milesi et al.⁵ ont rapporté une large gamme de valeurs de PPN allant de 0,22 à 10,6 Mg C/ha/an associée à différents régimes de gestion. La quantité de carbone contenue dans la biomasse du feutre n'était pas définie dans les premières recherches sur le carbone des gazons (par exemple, les recherches de Falk en 1980¹⁵), dans lesquelles le feutre pouvait ne pas être séparé des autres tissus végétaux lors de la mesure de la biomasse. Cela s'est probablement produit parce que le feutre était moins souvent constaté chez les cultivars plus anciens (à l'exception des zones gérées de manière intensive, comme les terrains de golf gérés de manière intensive, comme les greens des terrains de golf). Grâce aux progrès de la sélection des gazons, les cultivars modernes sont plus denses et plus agressifs en termes de croissance latérale que les anciens cultivars⁴⁴. En raison de la densité élevée des plantes et de l'absence de perturbation du sol,



Figure 2.

le gazon développe généralement un feutre distinct ou une couche de matière organique (Figure 2).

Le feutre dans le gazon a été défini comme une couche de tiges et de racines mortes et vivantes qui s'accumulent plus rapidement que la décomposition entre la végétation verte et la surface du sol⁴⁵. Une étude réalisée en 2020 a montré que le feutre s'accumule rapidement après l'établissement du gazon et contribue à l'accumulation de carbone dans les systèmes de gazon⁴⁶. Les couches de feutre du gazon ont une concentration de carbone plus élevée (en raison d'une teneur plus élevée en lignine) que le gazon, les racines et les sols sous-jacents^{47,48}. Par conséquent, le feutre est un réservoir potentiel de carbone dans les systèmes de gazon^{39,46,47}.

Malgré le fait que les couches de feutre sont couramment observées dans les systèmes de gazon, les études sur le carbone varient quant à l'inclusion de la couche de feutre dans la détermination du COS ou du carbone total du système. La couche de feutre a une teneur en carbone comparable à celle du sol^{46,47}; par conséquent, cette couche peut également être un réservoir de carbone. Quelques études ont rapporté le potentiel de séquestration du carbone dans les couches de feutre^{39,42}. Le feutre n'est généralement pas inclus dans les calculs de séquestration du carbone dans le sol^{18,38,49-51}. Le feutre a des propriétés physiques et chimiques distinctes de celles de la verdure ou des racines. Dans le pâturin du Kentucky (*Poa pratensis* L.) (rhizomateux), Qian et al.⁴² ont séparé le feutre de la verdure et des racines et ont rapporté une production annuelle de feutre (biomasse du feutre x rotation du feutre) de 4,362 Mg de poids sec/ha. Le feutre a une teneur en lignine similaire à celle des racines et a donc été inclus dans la production de biomasse souterraine⁴². Inversement, le feutre et la verdure ont également été considérés comme de la biomasse aérienne^{38,52}. Le feutre peut représenter une partie substantielle de la biomasse sur pied, en fonction des espèces de graminées (une discussion plus approfondie est fournie dans une section ultérieure). Cependant, le feutre contribue à la mollesse des terrains de sport; par conséquent, les terrains de sport doivent être rénovés et le feutre enlevé afin de fournir des surfaces fermes et lisses pour la sécurité des joueurs^{53,54}.

Suite de l'article dans le prochain Green Magazine.

Traduction par R. Dorbeau de l'article Carbon Sequestration in Turfgrass-Soil Systems Ruying Wang, Clint M. Mattox, Claire L. Phillips and Alec R. Kowalewski - Plants 2022

Author Contributions: Conceptualization, R.W. and A.R.K.; writing-original draft preparation, R.W., C.M.M. and C.L.P.; writing-review and editing, R.W., C.M.M., C.L.P. and A.R.K.; funding acquisition, C.L.P. and A.R.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: Tiris work was supported by the U.S. Department of Agriculture's (USDA) Agricultural Marketing Service through grant ODA6026GR to A.R.K. and the USDA Agricultural Research Service through project 2090-11000-008 to C.L.P. His review and its contents are solely the responsibility of the authors and do not necessarily represent the official views of the USDA.

Acknowledgments: Mention of trade names or commercial products in the publication is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement of the U.S. Department of Agriculture. USDA is an equal-opportunity employer.

GreenMIX

présente ses solutions :

AQUA·AID

AGENTS MOUILLANTS /
AMÉLIORATEUR DE SOL
NORMÉS CE (PFC3B, CMC1)



- Structure multi branche
- Améliore la pénétration et circulation de l'eau
- Réduit les tensions de surface
- Respectueux du monde vivant



CapillaryConcrete

**POUR DES BUNKERS
PROPRES ET DRAINÉS**

- Diminue les effets du ravinement
- Evite toute contamination du sable
- Drainage puissant (250 cm / heure)
- Diminue le temps d'entretien
- Facile à installer

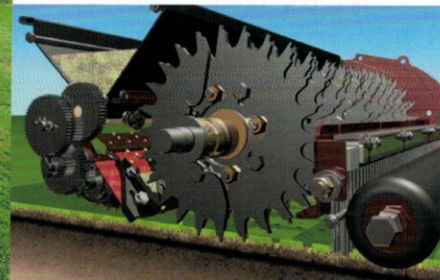
"Reconnu comme le meilleur depuis plus de 10 ans"

Innovators in Turf Maintenance
MAREDO

**FACILITER ET AUGMENTER
LE TRAVAIL MÉCANIQUE**

3 gammes : GT sur Triplex /
MT derrière tracteur /
ST conducteur marchant

- Regarnissage • Ultra Groomer
- Spikes vibrants • Sand Filler
- Aération à louchets • Lisseuse
- Brosses



TRU-TURF
ROLLING PERFECTION

**LE LEADER DES ROULEAUX LISSEURS
POUR GREENS ET GAZONS SPORTIFS**

- La lisseuse officielle du PGA Tour
- Facile d'utilisation
- Léger
- Système de remorquage intégré
- Système de lissage breveté
- Têtes superposées
- Existe en électrique (Lithium)



GreenMIX

+33(0)6 24 64 55 77 - stanchapus@greenmix.fr -
www.greenmix.fr

Abréviations :

PRG : potentiel de réchauffement global PRG ou GWP
Global Warming Potential

PPN : Productivité Primaire Nette ou Net Primary
Production NPP (Carbon input)

CCC : Coût Caché du Carbone - **HCC** : Hidden Carbon
Costs

COS : Carbone Organique du sol ou Soil Organic Carbon
SOC

ENE : échange net de carbone de l'écosystème ou Net
Ecosystem CO₂ Exchange **NEE**

Références bibliographiques

1. US Environmental Protection Agency. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks Fast Facts: 1990-2018; EPA 430-F-2D-002; US Environmental Protection Agency; Washington, DC, USA, 2020.
2. Morgan, J.A.; Follett, R.F.; Allen, L.H.; Del Grosso, S.; Derner, J.D.; Dijkstra, F.; Franzluebbers, A.; Fry, R.; Paustian, K.; Schoeneberger, M.M. Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. *J. Soil Water Conserv.* 2010, 65, 6A-13A.
3. Neubauer, S.C. Global warming potential is not an ecosystem property. *Ecosystems* 2021, 24, 2079-2089.
4. Chapin, F.S.; Woodwell, G.M.; Randerson, J.T.; Rastetter, E.B.; Lovett, G.M.; Baldocchi, D.D.; Clark, D.A.; Harmon, M.E.; Schimel, D.S.; Valentini, R.; et al. Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods. *Ecosystems* 2006, 9, 1041-1050.
5. Milesi, C.; Running, S.W.; Elvidge, C.D.; Dietz, J.B.; Tuttle, B.T.; Nemani, R.R. Mapping and Modeling the Biogeochemical Cycling of Turf Grasses in the United States. *Environ. Manag.* 2005, 36, 426-438.
6. Pouyat, R.V.; Yesilonis, I.D.; Nowak, D.J. Carbon storage by urban soils in the United States. *J. Environ. Qual.* 2006, 35, 1566-1575.
7. Pouyat, R.V.; Yesilonis, I.D.; Golubiewski, N.E. A comparison of soil organic carbon stocks between residential turf grass and native soil. *Urban Ecosyst.* 2009, 12, 45-62.
8. Zirkle, G.; Lal, R.; Augustin, B. Modeling carbon sequestration in home lawns. *HortScience* 2011, 46, 808-814.
9. Van Delden, L.; Larsen, E.; Rowlings, D.; Scheer, C.; Grace, P. Establishing turf grass increases soil greenhouse gas emissions in peri-urban environments. *Urban Ecosyst.* 2016, 19, 749-762.
10. Gu, C.; Crane, J.; Hornberger, G.; Carrico, A. The effects of household management practices on the global warming potential of urban lawns. *J. Environ. Manag.* 2015, 151, 233-242.
11. Braun, R.C.; Bremer, D.J. Nitrous oxide emissions in turfgrass systems: A review. *Agron. J.* 2018, 110, 2222-2232.
12. Jo, H.-K.; McPherson, G.E. Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *J. Environ. Manag.* 1995, 45, 109-133.
13. Huang, B.; DaCosta, M.; Jiang, Y. Research advances in mechanisms of turfgrass tolerance to abiotic stresses: From physiology to molecular biology. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2014, 33, 141-189.
14. Falk, J.H. Energetics of a suburban lawn ecosystem. *Ecology* 1976, 57, 141-150.
15. Falk, J.H. The primary productivity of lawns in a temperate environment. *J. Appl. Ecol.* 1980, 17, 689-695.
16. Huyler, A.; Chappelka, A.H.; Prior, S.A.; Somers, G.L. Drivers of soil carbon in residential 'pure' lawns in Auburn, Alabama. *Urban Ecosyst.* 2014, 17, 205-219.
17. Huyler, A.; Chappelka, A.H.; Prior, S.A.; Somers, G.L. Influence of aboveground tree biomass, home age, and yard maintenance on soil carbon levels in residential yards. *Urban Ecosyst.* 2014, 17, 787-805.
18. Selhorst, A.; Lal, R. Net carbon sequestration potential and emissions in home lawn turfgrasses of the United States. *Environ. Manag.* 2013, 51, 198-208.
19. Selhorst, A.L.; Lal, R. Carbon budgeting in golf course soils of Central Ohio. *Urban Ecosyst.* 2011, 14, 771-781.
20. Raciti, S.M.; Groffman, P.M.; Jenkins, J.C.; Pouyat, R.V.; Fahey, T.J.; Pickett, S.T.A.; Cadenasso, M.L. Accumulation of carbon and nitrogen in residential soils with different land-use histories. *Ecosystems* 2011, 14, 287-297.
21. Qian, Y.; Follett, R.F. Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agron. J.* 2002, 94, 930-935.
22. Riches, D.; Porter, I.; Dingle, G.; Gendall, A.; Grover, S. Soil greenhouse gas emissions from Australian sports fields. *Sci. Total Environ.* 2020, 707, 134420.
23. Townsend-Small, A.; Czimczik, C.I. Correction to "Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turf". *Geophys. Res. Lett.* 2010, 37, L06707.
24. Contosta, A.R.; Lerman, S.B.; Xiao, J.; Varner, R.K. Biogeochemical and socioeconomic drivers of above- and below-ground carbon stocks in urban residential yards of a small city. *Landsc. Urban Plan.* 2020, 196, 103724.
25. Smith, R.M.; Williamson, J.C.; Pataki, D.E.; Ehleringer, J.; Dennison, P. Soil carbon and nitrogen accumulation in residential lawns of the Salt Lake Valley, Utah. *Oecologia* 2018, 187, 1107-1118.
26. Burghardt, W.; Schneider, T. Bulk density and content, density and stock of carbon, nitrogen and heavy metals in vegetable patches and lawns of allotments gardens in the northwestern Ruhr area, Germany. *J. Soils Sediments* 2018, 18, 407-417.
27. Campbell, C.D.; Seiler, J.R.; Wi. Seman, P.E.; Strahm, B.D.; Munsell, J.F. Soil carbon dynamics in residential lawns converted from Appalachian mixed oak stands. *Forests* 2014, 5, 425-438.
28. Velasco, E.; Segovia, E.; Choong, A.M.F.; Lim, B.K.Y.; Vargas, R. Carbon dioxide dynamics in a residential lawn of a tropical city. *Environ. Manag.* 2021, 280, 111752.
29. Weissert, L.F.; Salmond, J.A.; Schwenderunann, L. Variability of soil organic carbon stocks and soil CO₂ efflux across urban land use and soil cover types. *Geoderma* 2016, 271, 80-90.
30. Livesley, S.J.; Ossola, A.; Threlfall, C.G.; Hahs, A.K.; Williams, N.S.G. Soil carbon and carbon/nitrogen ratio change under tree canopy, tall grass, and turf grass areas of urban green space. *J. Environ. Qual.* 2016, 45, 215-223.
31. Kong, L.; Shi, Z.; Chu, L.M. Carbon emission and sequestration of urban turf-grass systems in Hong Kong. *Sci. Total Environ.* 2014, 473-474, 132-138.
32. Mestdagh, I.; Sleutel, S.; Lootens, P.; Van Cleemput, O.; Cartier, L. Soil organic carbon stocks in verges and urban areas of Flanders, Belgium. *Grass Forage Sci.* 2005, 60, 151-156.
33. Trammell, T.L.E.; Pataki, D.E.; Pouyat, R.V.; Groffman, P.M.; Rosier, C.; Bettez, N.; Cavender-Bares, J.; Grove, M.J.; Hall, S.J.; Heffernan, J.; et al. Urban soil carbon and nitrogen converge at a continental scale. *Ecol. Monogr.* 2020, 90, e01401.
34. Golubiewski, N.E. Urbanization increases grassland carbon pools: Effects of landscaping in Colorado's Front Range. *Ecol. Appl.* 2006, 16, 555-571.
35. Kaye, J.P.; McCulley, R.L.; Burke, I.C. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 2005, 11, 575-587.
36. Perez-Ruiz, E.R.; Vivoni, E.R.; Templeton, N.P. Urban land cover type determines the sensitivity of carbon dioxide fluxes to precipitation in Phoenix, Arizona. *PLoS ONE* 2020, 15, e0228537.
37. Trammell, T.L.E.; Pouyat, R.V.; Carreiro, M.M.; Yesilonis, I. Drivers of soil and tree carbon dynamics in urban residential lawns: A modeling approach. *Ecol. Appl.* 2017, 27, 991-1000.
38. Qian, Y.; Follett, R.F.; Kimble, J.M. Soil organic carbon input from urban turf-grasses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2010, 74, 366-371.
39. Hamido, S.A.; Guertal, E.; Wood, C.W. Carbon sequestration under warm season turfgrasses in home lawns. *J. Geosci. Environ. Prot.* 2016, 4, 53-63.
40. Shchepeleva, A.S.; Vasenev, V.I.; Mazirov, I.M.; Vasenev, I.I.; Prokhorov, I.S.; Gosse, D.O. Changes of soil organic carbon stocks and CO₂ emissions at the early stages of urban turf grasses' development. *Urban Ecosyst.* 2017, 20, 309-321.
41. Amoatey, P.; Sulaiman, H. Quantifying carbon storage potential of urban plantations and landscapes in Muscat, Oman. *Environ. Dev. Sustain.* 2020, 22, 7969-7984.
42. Qian, Y.L.; Bandaranayake, W.; Parton, W.J.; Mechem, B.; Harivandi, M.A.; Mosier, A.R. Long-term effects of clipping and nitrogen management in turfgrass on soil organic carbon and nitrogen dynamics. *J. Environ. Qual.* 2003, 32, 1694-1700.
43. Lilly, P.J.; Jenkins, J.C.; Carroll, M.J. Management alters C allocation in turfgrass lawns. *Landsc. Urban Plan.* 2015, 134, 119-126.
44. Casler, M.D.; Duncan, R.R. *Turfgrass Biology, Genetics, and Breeding*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2003.
45. Beard, J.B. *Turfgrass: Science and Culture*; Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, USA, 1973.
46. Evers, M.; de Kroon, H.; Visser, E.; de Caluwe, H. Carbon accumulation of cool season sports turfgrass species in distinctive soil layers. *Agron. J.* 2020, 112, 3435-3449.
47. Raturi, S.; Islam, K.R.; Carroll, M.J.; Hill, R.L. Thatch and soil characteristics of cool- and warm-season turfgrasses. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2005, 35, 2161-2176.
48. Ledebauer, F.B.; Skogley, C.R. Investigations into the nature of thatch and methods for its decomposition. *Agron. J.* 1967, 59, 320-323.
49. Gautam, P.; Young, J.R.; Sapkota, M.; Longing, S.; Weindorf, D.C. Soil carbon sequestration in bermudagrass golf course fairways in Lubbock, Texas. *Agron. J.* 2020, 112, 148-157.
50. Acufia E., A.A.; Pastenes V., C.; Villalobos G., L. Carbon sequestration and photosynthesis in newly established turfgrass cover in central Chile. *Agron. J.* 2017, 109, 397-405.
51. López-Bellido, R.J.; Lal, R.; Danneberger, T.K.; Street, J.R. Plant growth regulator and nitrogen fertilizer effects on soil organic carbon sequestration in creeping bentgrass fairway turf. *Plant Soil* 2010, 332, 247-255.
52. Law, Q.D.; Patton, A.J. Biogeochemical cycling of carbon and nitrogen in cool-season turfgrass systems. *Urban For. Urban Green.* 2017, 26, 158-162.
53. Rogers, J.N.; Waddington, D.V. Impact absorption characteristics on turf and soil surfaces. *Agron. J.* 1992, 84, 203-209.
54. Aldahir, P.C.F.; McElroy, J.S. A review of sports turf research techniques related to playability and safety standards. *Agron. J.* 2014, 106, 1297-1308.