الحلول القائمة على الطبيعة للتخفيف من آثار تملح التربة: مراجعة لأهم الاستراتيجيات المستدامة

Nature-Based Solutions for Mitigating Soil Salinization: A Review of Sustainable Management Strategies

Prepared by:

Dr. Doaa Ahmed Soliman

Researcher in Environmental Agricultural Sciences

Under the Supervision of:

Prof. Dr. Mohammed Fathy Salem

Professor of Plant Pathology and Biopesticides, Consultant of Organic Farming, Head of Organic Farming Research and Production Unit, Head of Medicinal Mushroom Research and Production Unit, Head of Mycotoxins Research Group, Department of Environmental Biotechnology, Genetic Engineering and Biotechnology Research Institute

المقدمة

تُعد التربة المتأثرة بالملوحة (Salt-Affected Soils, SAS) من أبرز المشكلات البيئية والزراعية التي تهدد استدامة الإنتاج الزراعي على مستوى العالم، وتشمل كلًا من التربة المالحة (Saline Soils) والتربة الصودية .(Sodic Soils) وتتميز التربة المالحة باحتوائها على تركيزات مرتفعة من الأملاح الذائبة تتجاوز قدرة النبات على تحملها، مما يؤدي إلى انخفاض الجهد الأسموزي لمحلول التربة ويحد من قدرة الجذور على امتصاص الماء، حتى في ظل توفره. أما التربة الصودية فتتميز بارتفاع نسبة أيونات الصوديوم المتبادلة، والتي تؤثر سلبًا في استقرار تجمعات حبيبات التربة، فتؤدي إلى تشتتها وانهيار بنيتها الطبيعية، وهو ما ينعكس بصورة مباشرة على خواصها الفيزيائية والإنتاجية. ويترتب على تدهور بناء التربة نتيجة زيادة الصوديوم حدوث انضغاط للتربة، وانخفاض في مساميتها ونفاذيتها، مما يعيق حركة الماء والهواء داخل قطاع التربة، ويحد من انتشار الجذور وامتصاصها للماء والعناصر الغذائية، وبالتالي يتراجع نمو النباتات وإنتاجيتها. وفي الحالات التي ترتفع فيها قلوية التربة لتتجاوز قيمة الأس الهيدروجيني 8.5 (pH) ، تُعرف هذه التربة بالتربة الصودية القلوية، حيث تزداد المشكلات المرتبطة بعدم جاهزية العناصر الغذائية واختلال النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة.

ورغم أن بعض الترب المالحة والصودية تمثل نظمًا بيئية طبيعية تستضيف نباتات متخصصة متحملة للملوحة، فإن التوسع في الأنشطة البشرية أدى إلى زيادة مساحة الأراضي المتأثرة بالملوحة بصورة ملحوظة. فقد تسهم الممارسات الزراعية غير الرشيدة، مثل سوء إدارة الري، وضعف شبكات الصرف الزراعي، والإفراط في استخدام الأسمدة، في تراكم الأملاح داخل قطاع التربة. كما يؤدي تسرب المياه المالحة من البحار أو الأنهار أو الخزانات الجوفية إلى زيادة ملوحة الأراضي الزراعية، خاصة في المناطق الساحلية، الأمر الذي يسرّع من تدهور خصائص التربة ويؤثر في قدرتها على أداء وظائفها البيئية والإنتاجية. ويؤدي تدهور التربة المتأثرة بالملوحة إلى انخفاض قدرتها على إنتاج الكتلة الحيوية،

وضعف كفاءة ترشيح وتنقية المياه، وتراجع قدرتها على تخزين الكربون، بالإضافة إلى انخفاض التنوع الحيوي والنشاط الميكروبي داخل التربة، وهو ما ينعكس سلبًا على استدامة النظم الزراعية والبيئية.

ومن العوامل التي أسهمت في تفاقم هذه المشكلة أيضًا تزايد ندرة الموارد المائية في العديد من مناطق العالم، الأمر الذي دفع إلى استخدام مصادر مياه بديلة في الري، مثل المياه الرمادية المعالجة، والمياه المصاحبة لاستخراج النفط، وبعض المخلفات السائلة الناتجة عن الأنشطة التعدينية (Al-Hamaiedeh and Bino, 2010; Scanlon *et al*., 2020). ورغم أهمية هذه المصادر في سد احتياجات الري، فإن استخدامها المستمر قد يؤدي إلى تراكم الأملاح في التربة وظهور ما يُعرف بالملوحة الثانوية، خاصة عند غياب الإدارة السليمة للري والصرف. كذلك، فإن الاستخدام المتكرر لبعض الأسمدة المعدنية والمخصبات العضوية قد يسهم في زيادة تراكم الأملاح داخل التربة إذا لم تُراعَ الاحتياجات الفعلية للمحصول وخصائص التربة.

ويُعد تغير المناخ أحد أهم العوامل الحديثة التي تزيد من انتشار التربة المتأثرة بالملوحة، حيث تؤدي الزيادة المستمرة في درجات الحرارة إلى ارتفاع معدلات التبخر، بينما تسهم فترات الجفاف الطويلة في تركيز الأملاح داخل منطقة الجذور .(Oppenheimer *et al*., 2019) كما تمثل المناطق الساحلية أكثر المناطق عرضة لهذه الظاهرة نتيجة الارتفاع المستمر في مستوى سطح البحر، والذي يؤدي إلى تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية وزيادة تسرب المياه المالحة إلى الأراضي الزراعية، الأمر الذي يفاقم مشكلة تملح التربة ويهدد الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي في العديد من دول العالم (Jung, Park and Park, 2021).

وفي ضوء هذه التحديات، أصبح من الضروري تبني استراتيجيات متكاملة لإدارة الأراضي المتأثرة بالملوحة تعتمد على تحسين إدارة المياه، ورفع كفاءة الصرف الزراعي، وترشيد استخدام الأسمدة، إلى جانب التوسع في تطبيق الحلول الحيوية المستدامة، مثل استخدام الأسمدة الحيوية والكائنات الدقيقة النافعة والمحاصيل المتحملة للملوحة، بما يسهم في استعادة خصوبة التربة وتحقيق التنمية الزراعية المستدامة (FAO, 2021).

ويؤكد ذلك ما أشارت إليه الدراسات الحديثة، حيث يُعد تملح التربة من أخطر التهديدات التي تواجه الزراعة والأمن الغذائي، إذ تؤثر زيادة تراكم الأملاح سلبًا في بنية التربة وخصوبتها ونمو النباتات وإنتاجية المحاصيل، بالإضافة إلى الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة. وينتج تملح التربة عن عوامل طبيعية، مثل المناخات الجافة، وقلة هطول الأمطار، وارتفاع معدلات التبخر، وسوء الصرف أو تشبع التربة بالمياه، إلى جانب عوامل بشرية تشمل ممارسات الري غير الملائمة، وضعف أنظمة الصرف، والإفراط في استخدام الأسمدة. كما أن تزايد حدة التغيرات المناخية وما يصاحبها من فترات جفاف طويلة يؤدي إلى تفاقم هذه الظاهرة.

وفي هذا الإطار، تُعد الحلول القائمة على الطبيعة (Nature-based Solutions, NBS) ، عند دمجها مع الزراعة الدقيقة أو الزراعة المحافظة على الموارد، استجابةً مستدامة للحد من آثار تملح التربة، إذ تسهم في استعادة الخدمات البيئية وتعزيزها. كما تستعرض الدراسات الحديثة أهم الحلول القائمة على الطبيعة التي يمكن تطبيقها، إلى جانب التحديات والقيود التي تواجه تنفيذها. ومع ذلك، يرى الباحثون أن هذه الحلول وحدها قد لا تكون كافية لمكافحة الجوع في أكثر مناطق العالم هشاشة أو لتحقيق الهدف الثاني من أهداف التنمية المستدامة "القضاء على الجوع (SDG2) "بصورة كاملة، ولذلك يقترحون دمجها مع المحاصيل المتحملة للملوحة المطورة باستخدام تقنيات الهندسة الحيوية، بهدف تعزيز القدرة على مواجهة تملح التربة وتحقيق الأمن الغذائي بصورة أكثر فاعلية .(Tarolli *et al.*, 2024)

دمج القش والمخلفات النباتية في التربة (Straw Incorporation)

يُعد دمج القش والمخلفات النباتية في التربة من الممارسات الزراعية المستدامة التي تسهم في تحسين خواص التربة والحد من الآثار السلبية للملوحة. إذ يؤدي تحلل القش داخل التربة إلى تعزيز تكوين

التجمعات الأرضية المستقرة، مما يزيد من تكوين المسام ويحسن حركة الهواء والماء داخل قطاع التربة . (Jiang, 2021) كما يساعد تحسين البناء الأرضي على تسهيل انتقال الأملاح الذائبة إلى الطبقات العميقة بعيدًا عن منطقة انتشار الجذور، مما يقلل من تعرض النباتات للإجهاد الملحي. إضافةً إلى ذلك، يسهم دمج القش في تحسين بناء التربة وزيادة سهولة اختراق الجذور، الأمر الذي يرفع من كفاءة امتصاص الماء والعناصر الغذائية ويعزز نمو النباتات وإنتاجيتها. (Suriyagoda,2014 and Xue, 2022) وتختلف طرق دمج القش باختلاف طبيعة التربة ونظام الزراعة المتبع، حيث يمكن خلطه بالتربة باستخدام الحرث أو التمشيط (Disking) أو الأمشاط الزراعية (Harrowing) ، كما يمكن تطبيق نظم الزراعة المحافظة على الموارد التي تعتمد على ترك القش على سطح التربة لتوفير غطاء واقٍ يقلل من فقد الرطوبة ويحسن خواص التربة على المدى الطويل.

ورغم الفوائد المتعددة لهذه الممارسة، فإن تطبيقها يواجه عددًا من التحديات الفنية والبيئية. إذ يتطلب نجاحها تحديد العمق المناسب لدمج القش داخل التربة، وهو ما يحتاج إلى خبرة فنية لضمان تحقيق أفضل النتائج. كما أن اختلاف جودة القش وكمياته المتاحة قد يؤثر في كفاءة هذه الممارسة ودرجة الاستفادة منها. ومن ناحية أخرى، قد يؤدي دمج القش، خاصة في الأراضي المغمورة مثل حقول الأرز، إلى زيادة انبعاث غاز الميثان الناتج عن التحلل اللاهوائي للمادة العضوية، مما قد يحد من بعض الفوائد البيئية لهذه التقنية إذا لم تُدار بصورة سليمة .(Ma, 2008) كذلك، فإن بطء تحلل القش داخل التربة أو تراكم كميات كبيرة من بقاياه قد يعيق عمليات الزراعة، ويؤثر سلبًا في جودة بذر المحاصيل، ونسبة الإنبات، ونمو البادرات خلال المراحل الأولى من النمو، الأمر الذي يستوجب إدارة مناسبة للمخلفات النباتية بما يحقق التوازن بين فوائدها الزراعية والتحديات المصاحبة لاستخدامها .(Su,2014)

الحلول المعتمدة على الكائنات الدقيقة (Microbial-based Solutions)

تُعد الكائنات الدقيقة المتحملة للملوحة، وخاصة البكتيريا، من أهم الحلول الحيوية الواعدة للتخفيف من آثار الإجهاد الملحي على النباتات، إذ يسهم التعايش بينها وبين النباتات في تعزيز قدرتها على النمو والإنتاج تحت الظروف الملحية. ويعود هذا التأثير الإيجابي إلى مجموعة من الآليات الفسيولوجية والجزيئية التي تعمل بصورة متزامنة، فتُحسن استجابة النبات للإجهاد الملحي وتعزز قدرته على التكيف معه .(Etesami and Maheshwari, 2018) وتعمل هذه الكائنات الدقيقة على تحفيز نمو النباتات، وزيادة قدرتها على تحمل الإجهاد، وتحسين امتصاص العناصر الغذائية من التربة، مما يجعل استخدام الملقحات الميكروبية (Microbial Inoculants) أحد الحلول القائمة على الطبيعة الواعدة لمعالجة المشكلات المرتبطة بملوحة التربة وتحقيق زراعة أكثر استدامة .(Orhan, 2021) ورغم الإمكانات الكبيرة لهذه التقنية، فإن نجاحها يعتمد بصورة أساسية على الاختيار الدقيق لسلالات الكائنات الدقيقة المستخدمة، بحيث تكون قادرة على التكيف مع الظروف البيئية المختلفة وتتميز بكفاءة عالية في تعزيز نمو النبات .(Ramasamy and Mahawar,2023) كما تختلف كفاءة البكتيريا المحفزة لنمو النبات والمتحملة للملوحة (Salt-tolerant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, PGPR) باختلاف الظروف المناخية والبيئية السائدة في المناطق المختلفة، الأمر الذي يستلزم اختيار السلالات المناسبة لكل نظام بيئي . (Liu, 2022)

وتشير الدراسات إلى أن بعض السلالات البكتيرية قد تحقق نتائج متميزة تحت الظروف المعملية، إلا أنها قد تفشل في استعمار جذور النباتات بكفاءة عند تطبيقها في الحقول، مما يؤدي إلى انخفاض قدرتها على تحفيز النمو مقارنةً بما هو ملاحظ في التجارب المعملية. لذلك، ينبغي مراعاة التوافق بين نوع المحصول والسلالة البكتيرية المستخدمة، مع إجراء تقييمات مخبرية وحقلية دقيقة لاختيار أفضل الملقحات الحيوية القادرة على تحسين نمو النباتات في الأراضي المتأثرة بالملوحة. وقد أظهرت العديد من الدراسات التجريبية أن التوسع في استخدام الملقحات الميكروبية على نطاق واسع يمكن أن يسهم في تعزيز استدامة الإنتاج الزراعي في البيئات المالحة وتحسين كفاءة استغلال الموارد الطبيعية . (Ramasamy and Mahawar 2023) ومع ذلك، فإن تطبيق هذه التقنية لا يخلو من بعض

التحديات، إذ يثير إدخال كائنات دقيقة غير محلية إلى النظم البيئية الجديدة مخاوف تتعلق باحتمالية الإخلال بالتوازن البيئي أو التأثير في المجتمعات الميكروبية المحلية، خاصة في المناطق الحساسة بيئيًا.

لذلك، تؤكد الدراسات على ضرورة إجراء تقييمات بيئية شاملة قبل التوسع في استخدام الملقحات الميكروبية، لضمان سلامتها البيئية، وتقييم آثارها طويلة المدى على التنوع الحيوي ووظائف النظام البيئي، بما يحقق الاستفادة القصوى من هذه التقنية مع تقليل المخاطر المحتملة.

الأسمدة العضوية(Organic Fertilizers)

يُعد استخدام الأسمدة العضوية من الاستراتيجيات الفعالة للحفاظ على مستويات الكربون العضوي في التربة (Soil Organic Carbon, SOC) والحد من تملحها. وتُستمد هذه الأسمدة من مصادر طبيعية، مثل روث الحيوانات، والكمبوست، ومحاصيل التغطية، وتمتاز بدورها المهم في تحسين خصوبة التربة وتعزيز صحتها .(Xu, 2014). وتسهم إضافة المواد العضوية إلى التربة في زيادة محتواها من الكربون العضوي، حيث تعمل هذه المواد كمصدر للطاقة والكربون للكائنات الحية الدقيقة، مما يحفز نشاطها الحيوي ويعزز عمليات تحلل المادة العضوية. وينتج عن ذلك تحرير العناصر الغذائية الأساسية بصورة تدريجية، بما يدعم نمو النباتات ويزيد من مخزون الكربون العضوي في التربة. كما يؤدي الحفاظ على مستويات الكربون العضوي أو زيادتها إلى تحسين بناء التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء، الأمر الذي يسهم في الحد من مخاطر تملح التربة .(Naveed,2014). وتؤدي الأسمدة العضوية أيضًا دورًا مهمًا في تحسين دورة العناصر الغذائية داخل التربة وزيادة جاهزيتها للنبات، إذ تعمل المادة العضوية كمخزن طبيعي للعناصر الغذائية، وتطلقها تدريجيًا وفق احتياجات النبات، مما يقلل من فقدها بالغسيل أو الجريان السطحي .(Wang, 2023). ويساعد هذا الإطلاق التدريجي للعناصر الغذائية في الحفاظ على توازن النظام البيئي للتربة والحد من تراكم الأملاح، الذي يُعد أحد الأسباب الرئيسة لتملح التربة.

ورغم المزايا العديدة للأسمدة العضوية، فإن استخدامها يواجه عددًا من التحديات، من أبرزها صعوبة توفير كميات كافية ومستقرة من المواد العضوية نتيجة محدودية توافرها، أو ارتفاع تكاليف نقلها وتطبيقها. كما يتطلب تحديد المعدلات المناسبة للإضافة ومواعيد استخدامها معرفة دقيقة بخصائص التربة واحتياجات المحصول لضمان تحقيق أفضل النتائج. إضافةً إلى ذلك، يختلف محتوى الأسمدة العضوية من العناصر الغذائية، وكذلك معدلات تحللها، باختلاف مصدرها، مما قد يؤثر في كفاءتها في الحد من ملوحة التربة . (Wang,2022). كما أن تأثيرها في تحسين بناء التربة، وزيادة احتفاظها بالعناصر الغذائية، وتنشيط الكائنات الحية الدقيقة يختلف باختلاف نوع التربة والظروف البيئية السائدة، الأمر الذي يستلزم اختيار نوع السماد العضوي وإدارته بما يتناسب مع ظروف كل نظام زراعي .(Xu, 2014)

تغيير المحاصيل(Crop Selection and Rotation)

يُعد تبني استراتيجيات مناسبة لاختيار المحاصيل وإدارتها من أهم الوسائل للحفاظ على الإنتاجية الزراعية والحد من التأثيرات السلبية للإجهاد الملحي. ويأتي في مقدمة هذه الاستراتيجيات اختيار الأصناف المتحملة للملوحة، إذ تمتلك هذه المحاصيل خصائص وراثية وفسيولوجية تمكنها من النمو والإنتاج في البيئات ذات التركيزات المرتفعة من الأملاح، مما يساعد على استغلال الأراضي المتأثرة بالملوحة وتحسين إنتاجيتها. (Yamaguchi and Blumwald 2005). كما يُعد تطبيق نظام تناوب المحاصيل من الممارسات الزراعية الفعالة في الحد من تدهور التربة، حيث يؤدي التناوب بين المحاصيل الحساسة للملوحة والمحاصيل الأكثر تحملًا لها إلى تقليل تراكم الأملاح في منطقة الجذور، وخفض مستوى الإجهاد الواقع على النباتات، بالإضافة إلى المحافظة على خصوبة التربة وتحسين خواصها الزراعية.(Cuevas, 2019). وعلى الرغم من استمرار تأثير الملوحة وتدهور التربة في بعض المناطق الزراعية، فإن هذه الظاهرة غالبًا ما تكون موسمية، حيث تصل مستويات الملوحة إلى ذروتها خلال فصل الصيف، بينما تنخفض نسبيًا خلال المواسم الأخر. (Maggio,2011). لذلك، يُعد الاتجاه

إلى زراعة المحاصيل الشتوية الأكثر تحملًا للملوحة، مثل الشعير، أحد الخيارات الزراعية المناسبة في هذه البيئات. ومن الممارسات الواعدة أيضًا إدخال محاصيل التغطية ضمن برامج تناوب المحاصيل واستخدامها كغطاء للتربة (Mulch) ، لما لها من دور في تحسين خصائص التربة والحد من فقد الرطوبة وتقليل تراكم الأملاح. ومع ذلك، ينبغي مراعاة احتمالية تغير ديناميكية الآفات والأمراض المصاحبة لاختلاف المحاصيل المزروعة، مما يستوجب إجراء تقييم زراعي شامل وتحليل دقيق للمخاطر قبل تنفيذ أي برنامج لتغيير نظم الزراعة.

ومن البدائل المستدامة كذلك تطبيق نظم الزراعة الحراجية (Agroforestry) ، التي تجمع بين النباتات العشبية والأشجار في نظام إنتاجي واحد، بحيث تحقق أهدافًا إنتاجية وبيئية في الوقت نفسه. وتسهم هذه النظم في تحسين جودة التربة، وزيادة التنوع الحيوي، والحد من تدهور الأراضي، كما توفر مصادر إضافية للغذاء والأعلاف والأخشاب والوقود، فضلاً عن دورها في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتعزيز الاستدامة البيئية. (Singh,2015). ورغم أهمية كل من هذه الاستراتيجيات، فإن أياً منها لا يُعد حلًا منفردًا لمشكلة تملح التربة، وإنما تتحقق أفضل النتائج من خلال دمج هذه الممارسات ضمن برنامج متكامل لإدارة الأراضي المتأثرة بالملوحة، بما يضمن المحافظة على إنتاجية المحاصيل وتحقيق عائد اقتصادي مستدام للمزارعين.وتختلف برامج تكييف المحاصيل للتعامل مع الملوحة باختلاف الظروف المناخية والبيئية لكل منطقة، إلا أن الهدف المشترك يتمثل في التوسع في زراعة الأصناف المتحملة للملوحة والقادرة على التأقلم مع الظروف المحلية. ففي المناطق الاستوائية، يمكن الاعتماد على أصناف الأرز المستنبطة لتحمل الملوحة، بينما تُعد بعض أصناف الزيتون خيارًا مناسبًا في مناطق مناخ البحر المتوسط. أما في المناطق الباردة، فيوصى بزراعة المحاصيل الشتوية المتحملة للملوحة، مثل القمح الشتوي والجاودار، لما تتميز به من قدرة أكبر على الإنتاج تحت ظروف الملوحة.

References:

1. Tarolli, P.; Luo, J.; Park, E.; Barcaccia, G.; and Masin, R. (2024). Soil salinization in agriculture: Mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering. *iScience, 27*(2), 108830. https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108830
2. Ramasamy, K.P. and Mahawar, L. (2023). Coping with salt stress-interaction of halotolerant bacteria in crop plants: A mini review. Front. Microbiol. 14, 1077561.
3. Wang, Y.; Gao, M.; Chen, H.; Fu, X.; Wang, L. and Wang, R. (2023). Soil moisture and salinity dynamics of drip irrigation in saline-alkali soil of Yellow River basin. Front. Environ. Sci. 11, 1130455.
4. Liu, X.; Peng, C.; Zhang, W.; Li, S.; An, T.; Xu, Y.; Ge, Z.; Xie, N. and Wang, J. (2022). Subsoiling tillage with straw incorporation improves soil microbial community characteristics in the whole cultivated layers: A one-year study. Soil Tillage Res. 215 ,105188.
5. Wang, S.; Gao, P.; Zhang, Q.; Shi, Y.; Guo, X.; Lv, Q.; Wu, W.; Zhang, X.; Li, M. and Meng, Q. (2022). Application of biochar and organic fertilizer to saline-alkali soil in the Yellow River Delta: Effects on soil water, salinity, nutrients, and maize yield. Soil Use Manag. 38,1692-1679.
6. Xue, B.; Huang, L.; Li, X.; Lu, J.; Gao, R. and Kamran, M. (2022). Straw residue incorporation and potassium fertilization enhances soil aggregate stability by altering soil content of iron oxide and organic carbon in a rice–rape cropping system. Land Degrad. Dev. 33, 2567–2584.

7. Orhan, F. (2021). Potential of Halophilic/ Halotolerant Bacteria in Enhancing Plant Growth Under Salt Stress. Curr. Microbiol. 78,3719-3708.
8. Jung, E., Park, N., & Park, J. (2021). Composite Modeling for Evaluation of Groundwater and Soil Salinization on the Multiple Reclaimed Land Due to Sea-Level Rise. Transport in Porous Media, 136(1), 271-293.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *Salt-affected soils are a global issue* (Soil Letters No. 3). Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). Rome, Italy.
10. Jiang, M.; Yang, N.; Zhao, J.; Shaaban, M. and Hu, R. (2021). Crop straw incorporation mediates the impacts of soil aggregate size on greenhouse gas emissions. Geoderma .401, 115342.
11. Scanlon, B. R.; Reedy, R. C.; Xu, P.; Engle, M.; Nicot, J. P.; Yoxtheimer, D.; and Ikonnikova, S. (2020). Can we beneficially reuse produced water from oil and gas extraction in the US? Science of the Total Environment, 717, 137085. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137085
12. Oppenheimer, M., Glavovic, B.C.; Hinkel, J.; van de Wal, R. ; Magnan, A.K. Abd-Elgawad,; A.; Cai, R.; Cifuentes-Jara, M.; DeConto, R.M. ; Ghosh, T.; Hay, J. ; Isla, F.; Marzeion, B.; Meyssignac, B. and Sebesvari, Z. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [Pörtner, H. O. ; Roberts, D.C. ; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Tignor, M.; Poloczanska, E. ; Mintenbeck, K.; Alegría, A. ; Nicolai, M.; Okem, A.; Petzold, J.; Rama, B.; Weyer, N.M. (eds.)]. In press.
13. Cuevas, J.; Daliakopoulos, I.N.; del Moral, F.; Hueso, J.J. and Tsanis, I.K. (2019). A review of soil-improving cropping systems for soil salinization. Agronomy 9, 295.
14. Etesami, H. and Maheshwari, D.K. (2018). Use of plant growth promoting rhizobacteria)PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. Ecotoxicol. Environ. Saf. 156, 225–246.
15. Singh, A. (2015). Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. Ecol. Indicat. 57, 128–130
16. Su, W.; Lu, J.; Wang, W.; Li, X.; Ren, T. and Cong, R. (2014). Influence of rice straw mulching on seed yield and nitrogen use efficiency of winter oilseed rape (Brassica napus L.) in intensive rice–oilseed rape cropping system. Field Crops Res. 159, 53–61.
17. Suriyagoda, L.; De Costa, W.A.J.M. and Lambers, H. (2014). Growth and phosphorus nutrition of rice when inorganic fertilizer application is partly replaced by straw under varying moisture availability in sandy and clay soils. Plant Soil 384, 53–68.

18. Naveed, M.; Moldrup, P.; Vogel, H.J.; Lamande, M.; Wildenschild, D.; Tuller, M. and de Jonge, L.W. (2014). Impact of long- term fertilization practice on soil structure evolution. Geoderma 217–218, 181–189
19. Xu, H.; Huang, X.; Zhong, T.; Chen, Z. and Yu, J. (2014). Chinese land policies and farmers' adoption of organic fertilizer for saline soils. Land Use Pol. 38, 541–549.
20. Maggio, A.; De Pascale, S.; Fagnano, M. and Barbieri, G. (2011). Saline agriculture in Mediterranean environments. Ital. J. Agron. 6, 7–43.
21. Al-Hamaiedeh, H. and Bino, M. (2010). Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants. Desalination, 256(1-3), 115-119.
22. Ma, J.; Xu, H.; Yagi, K. and Cai, Z. (2008). Methane emission from paddy soils as affected by wheat straw returning mode. Plant Soil 313, 167–174.
23. Yamaguchi, T. and Blumwald, E. (2005). Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends Plant Sci. 10, 615–620.