

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04634

研究課題名(和文) Air Irrigation：乾燥地の大気由来の未利用水資源で実現する節水農業

研究課題名(英文) The air irrigation effect of dew saves water during agriculture in arid/semiarid areas

研究代表者

森 牧人 (MORI, MAKITO)

高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・教授

研究者番号：60325496

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：結露は微風の晴れた夜間に地物に露が結ぶ現象として世界中で広く知られている。本研究では、中華人民共和国甘粛省内のトウモロコシ畑において長期的な露の調査と気象観測を行い、露の発生頻度・日数や気象との関連性を詳細に調べた。栽培期間(4月～9月)において、露の結ぶ日は雨の降る日より多く、露は平均的に夜間から日没後にかけて10時間近く継続することが明らかになった。作物の葉に付着する露は水資源的にはごく僅かであるが、葉面水分摂取や蒸散抑制を通じて一種の節水効果を持ち、あたかもそれが空気による灌漑(Air irrigation)の効果を持つことが作物群落スケールで示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

結露とは風の弱い晴れた夜間に地面や植物に露が付着する現象として世界中で広く知られています。本研究では、2018-2020年の間、中華人民共和国北西部のトウモロコシ畑において露と気象の関係を調べました。結露がみられる日は雨の日よりも多く、また、夜間から日没後にかけて10時間近く継続しました。乾燥地において露は農作物にとって非常に身近な存在であることがわかりました。また、露が葉から吸収され、さらに気孔から失われる水分を減らす効果があることが示されました。露の量は雨に比べてとても少ないのですが、利用されない水資源ですが、空気からの一種の灌漑の効果を持ち、現地の節水農業に大きく寄与しています。

研究成果の概要(英文)：Dew is a micrometeorological phenomenon observed worldwide. It occurs on calm, clear nights, and involves the condensation of water from the atmosphere on various land surfaces. We performed a 3-year field experiment during 2018&#8211;2020 in a corn field in northern China, to investigate the effects of dew on crops. The characteristics of dew were investigated thoroughly, including its relationships with micrometeorological parameters. The amount of dew tended to increase as the water vapor pressure increased in the spring. However, the occurrence of dew on leaves was limited by the atmospheric water vapor pressure, through the suppression of radiation cooling in the summer season. Dew saves water during agriculture in semiarid areas through its natural irrigation effect, which we refer to as "air irrigation".

研究分野：農業気象学

キーワード：結露 水資源 Air irrigation 乾燥地 節水農業

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

乾燥地は世界の総陸地面積の約 41%をも占め、20 億人以上が水利用に関する問題群に晒されている。加えて、近い将来に起こり得る水不足の危機的状況も警鐘が鳴らされており、今後のさらなる水利用の高度化・最適化の推進は人類共通の喫緊課題である。とくに、水資源の最大の使用量(約 3 分の 2)を占める農業分野では、革新的な水利用効率の向上や未利用水資源の活用による節水の実現が切望される。

これらを背景に本研究課題担当者らは、節水農業の最前線のひとつである中国の乾燥地灌漑農地を対象に約 14 年間に渡って作物栽培の水利用に関する研究に従事してきた。その過程で、夜間大気由来の水蒸気凝結による葉の濡れ(葉面結露)を観察し、濡れが続く日中にかけて葉が萎れず(気孔が閉じず)に光合成も活発であることを認めた。すなわち、従来はその量的な少なさから水収支と生産管理(灌漑計画など)において軽視されていた「葉面結露」による葉の濡れが、植物水分生理的観点において地下部(根)への灌水と同等の効果をもち、作物生産の基幹プロセスである光合成を維持して水利用効率を向上させる潜在的優位性を持つ可能性が示唆された。

北野・安武(2015)は、挑戦的萌芽研究(平成 26~27 年度)の補助を受けて、葉面結露による葉の濡れを、未利用かつ新たな潜在価値を持つ水資源「Air Irrigation (=地上部環境への水供給)」と新たに定義して関連する基礎研究を遂行した。そして、これまで乾燥地農地での葉面結露について、夜間の動的な発生プロセス、午前中の葉近傍の湿度上昇と葉温低下を通じた蒸散速度の抑制効果、気孔開度の増加による光合成速度の促進効果、効果を通じた極めて大きな節水効果(72%)の可能性、を個葉レベルで明らかにしてきた。

今後、これらの成果群を乾燥地域の実灌漑圃場へ応用し節水農業の実現へと繋げるためには、個葉レベルからスケールアップした研究を展開していくことが必要不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究では、現地(中華人民共和国甘粛省白銀市)のトウモロコシ畑を研究対象に、まず、栽培期間(暖候期間)中における微気象要素の日変化・季節変化を現地観測により調べるとともに、夜間から早朝にかけてトウモロコシ葉面に結ぶ露の発生頻度・持続時間・結露量を日・月・季節単位で詳細に明らかにする。次に、気象要素による夜間の結露発生の制御メカニズムを解明するとともに、結露の季節変化についても併せて調べ、さらに、現地で観測される露の供給源に関しても考察する。最後に、水資源的には微量な結露が大気由来の未利用水資源として大気による灌漑(Air irrigation)効果を有し、乾燥地・半乾燥地における農業生産に果たす役割を明らかにすることを本研究の目的とする。

### 3. 研究の方法

中華人民共和国甘粛省白銀市郊外のトウモロコシ畑地(現地の農家所有)内(36°25.5' N, 104°25.4' E, 標高 1461 m)に気象ステーションを設置し、2018 年・2019 年・2020 年の暖候期間(4 月から 9 月)において、気象要素と結露の発生特性(頻度・量・継続時間等)を観測した。現地渡航期間(2017 年 12 月;2018 年 3,6,10 月;2019 年 6,9 月)現地の大陸性のモンスーン気候の周縁部に位置し(半乾燥地気候)年平均気温は 8.9 である(1951 年から 2000 年までの平均値)。同年降水量は 238.3 mm であり、降水量は 7 月から 9 月に集中する。現地圃場の土壌組織はシルト質ローム(粘土 14.9%,シルト 74.2%,砂 10.9%)であり、土壌の乾燥密度・粒子密度・空隙率は、順に、1.60 g cm<sup>-3</sup>・2.71 g cm<sup>-3</sup>・0.40 cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup>である。飼料用トウモロコシ(*Zea mays* L. 品種 Kenyu90)の栽培期間は 4 月下旬から 9 月下旬であり、畝間(0.73±0.16 m)・株間(0.42±0.14 m)で栽培される。灌漑は降雨量に依存するが、灌漑用水は黄河より供給される。草高は 2018 年 6 月 7 日と 2019 年 6 月 25 日に測定し、過去(2008 年 7 月 26 日と 28 日,2009 年 6 月 22 日,2014 年 7 月 2 日)のデータも援用された。

現地の圃場内には気象ステーションが設置され、正味放射量・日射量・気温・相対湿度・風向・風速・降水量・作物体表面温度(葉面温度)が測定された。正味放射計(NR Lite2/Kipp & Zonen)と日射計(LP02/Hukseflux)はそれぞれ、2.3 m と 1.9 m の高度に設置された。温度・湿度センサー(HMP60/Vaisala)は高度 2.0 m、風向・風速計(MODEL 03002/Young)は同 4.15 m で測定された。雨量計(TE525MM/Campbell)は 0.1 mm 単位で測定した。赤外線放射計温度計(SI-111/Apogee)が高さ 3.0 m に設置され、センサー部を水平から 30°下向きに傾けることにより表面温度を測定した。すべてのデータは 15 秒ごとにサンプリングされ、データロガー(CR1000/Campbell)のメモリー上に 10 分ごとに記録された。

結露の頻度・時間・結露量などの特性を評価するために、気象ステーションの高さ 1.0 m に葉濡れセンサー(PHYTOS 31/METER Group)を設置した。データは、データロガー(CR800/Campbell)を使用して 10 分間隔で記録した。水の誘電率は空気の誘電率よりも高いため、センサー表面の露や降雨による水の存在を電圧出力信号(mV)の変化として検出可能である。出力値が 261mV を超える期間を結露の発生時間として定義し、降水期間は結露期間から除外した。結露量は Jia et

al. (2019)の方法により評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 栽培期間中における気象要素の季節変化

図1は栽培期間中における気象要素(日射量・気温・風速・相対湿度・正味放射量・葉面温度・植物群落上風速・水蒸気圧)の季節変化を表す。ただし、いずれも月平均値である(○:2018年・□:2019年・▲:2020年)。日射量は栽培期間中(4月~9月)において多少の変動がみられたものの、2018年・2019年・2020年のいずれの年も同じような季節変化を示した。気温・風速・相対湿度にも変動がみられたが、同じ様な変動傾向を示した。水蒸気圧についても3年間すべてで同様であったが、4月から7月にかけて急激に増加し、8月にピークに達し、9月に減少する特徴的な時間変動が観測された。特に水蒸気圧について注目すると、4月と5月の水蒸気圧は、2020年(それぞれ4 hPaと12 hPa)の方が2018年(同7 hPaと15 hPa)と2019年(同7 hPaと15 hPa)よりも低かった。7月と8月の水蒸気圧は、2018年(同21 hPaと21 hPa)の方が2019年(いずれも17 hPa)と2020年(同18 hPa)よりも高かった。

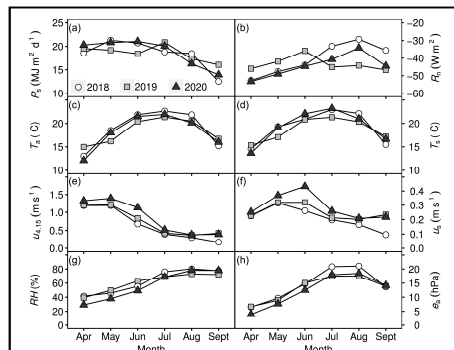


図1.栽培期間中における気象要素(月平均値)の季節変化(Ra:日射量・気温(Ta)・風速(u<sub>4.15</sub>)・相対湿度(RH)・正味放射量(Rn)・葉面温度(Ts)・植物群落上の風速(u<sub>s</sub>)・水蒸気圧(e<sub>a</sub>)の季節変化。(Yokoyama et al., 2021)

##### (2) 結露の発生

図2は、2018年・2019年・2020年の栽培期間(4月~9月)における結露の発生頻度と期間を示す。結露の発生頻度は、多少のばらつきはあるもの3年間で同様の傾向を示した(図2a)。すなわち、4月から5月にかけて、約3%~10%であったが(2018年と2020年)、2019年は特異的に高かった(42%)。この傾向は6月(63%)にもみられ、2018年(30%)と2020年(33%)とは対照的な結果が得られた。7月から9月にかけては、3年間のいずれの年でも総じて結露の発生頻度が高かった(67%~83%)。露の継続時間は、3年間のすべての年で増加傾向を示し、4月(5~10時間)から8月(13~15時間)にかけて増加し、8月から9月にかけては概ね一定であった(図2b)。

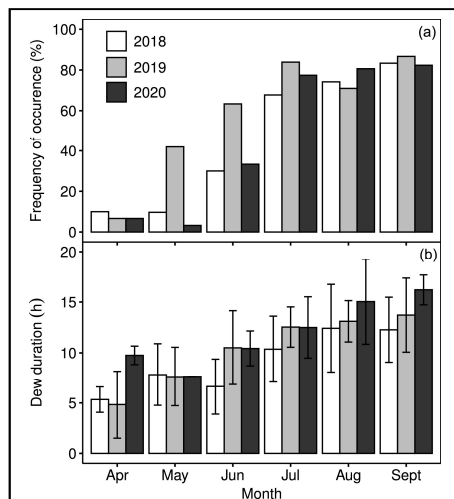


図2.2018年・2019年・2020年の栽培期間(4月~9月)における結露の発生頻度(a)と期間(b)。(Yokoyama et al., 2021)

降水量は結露量よりはるかに多く、年によって大きく変動した。研究対象地域では、春が乾季、夏が雨季である。2018年の降水量は、4月・5月・6月が少なく(順に22.2 mm・34.1 mm・9.9 mm)、7月・8月・9月が多かった(同64.9 mm・83.5 mm・52.1 mm)。2019年の降水パターンは異常であり、降水量は4月・5月・6月(順に16.5 mm・40.7 mm・57.5 mm)の方が、7月・8月・9月(同17.9 mm・35.2 mm・2.10 mm)に比べても多かった。2020年の降水パターンは2018年と同様であったが、2020年9月の降水量は2018年よりもはるかに少なかった。2018年・2019年・2020年の総降水量は、それぞれ、266.7 mm・169.9 mm・162.9 mmであった。

図3は、単独イベントの結露量と降水量の相対度数分布を表す。結露は降水より少なく1.0 mm未満であったが、降水は0.05~0.1 mmから20~50mmの間に広く分布した。結露は降水よりも発生頻度が高く、2018年、2019年および2020年には、それぞれ、106日、109日および76日発生したが、降水日数は順に74日、46日および56日であった。

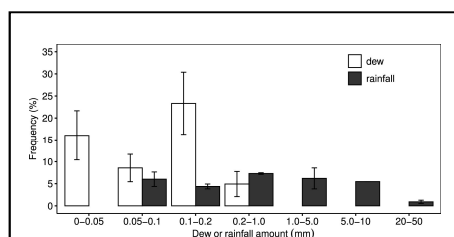
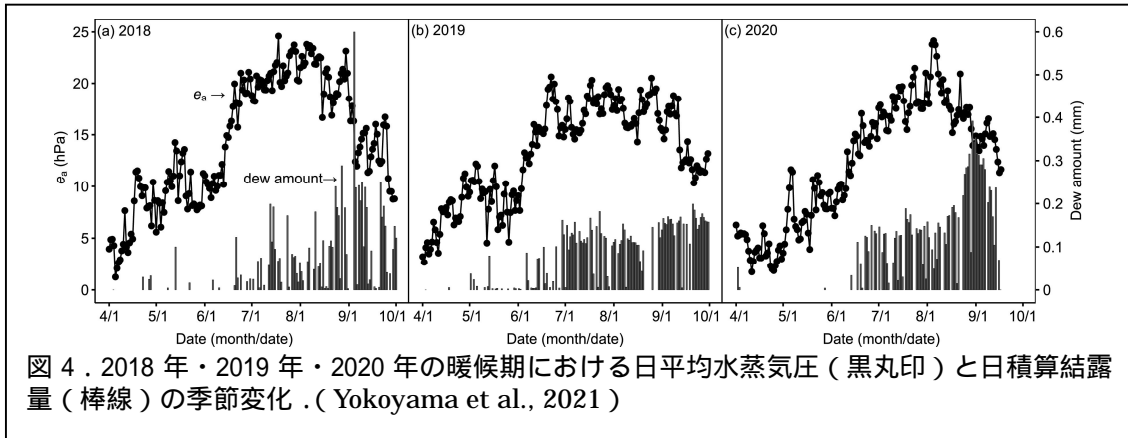


図3.単独イベントの結露量と降水量の相対度数分布。(Yokoyama et al., 2021)

##### (4) 結露発生の有無と夜間の環境

正味放射量は夜間において負値をとるが、その絶対値は4月から6月にかけて平均的に大きな差は見られなかった(図1)。その後、7月から9月にかけて結露量



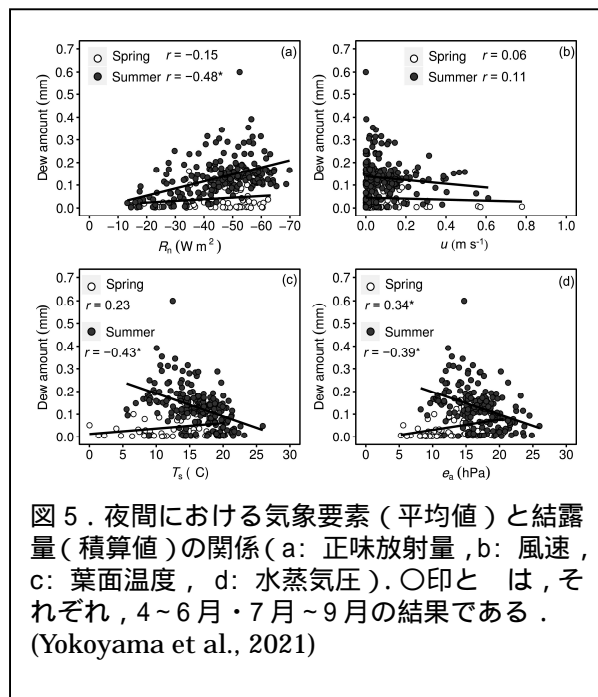
が増したが、結露を生じた夜間の正味放射量の絶対値はそうでない場合に比べて大きかった。風速は 4 月から 8 月の 5 か月間においては、結露が生じた場合に比べて弱かった。しかしながら、9 月においてはいずれの条件下でも静穏状態に近かった。気温は、4 月から 9 月にかけて、結露の生じた場合に比べて平均的に低かったが、相対湿度は逆の傾向が認められた。水蒸気圧は、4 月から 9 月にかけて、結露の生じた場合の方がより高いかもしくは同程度 (8 月・9 月) であった。

特に水蒸気圧と結露量の季節変化に着目すると、水蒸気圧は 4 月から 6 月中旬まで 15 hPa 未満であり、結露はほとんど発生しないか 0.1 mm 未満であった。しかしながら、水蒸気圧は 6 月中旬から 6 月下旬にかけて急激に増加し、6 月から 8 月にかけて高い値が維持され、その後、9 月に減少した。結露量は水蒸気圧と同調する形で急激に増加する非常に特徴的な結果が得られた。水蒸気圧は 9 月に減少したが、同月に結露量の期間最大値が観測された (図 4)。

#### (5) 環境要素による結露の制限

これまでの研究では、風速と気温または表面温度が低く、湿度が高いときに結露が発生しやすいことが報告されており、これらのことは本研究においても確認された。本研究では、しかしながら、興味深い結果が得られた。すなわち、結露量と放射冷却強度の季節的な変化の傾向は反対であった (図 1・図 2)。すなわち、春季には放射冷却強度は強かったものの、結露はあまり発生せず量的に非常に少なく、逆に、夏季には同強度が弱いにもかかわらず、結露が頻繁に発生し、しかもその量は多かった。

大気中の水蒸気圧は結露量を規定する一種の指標となりうるが、現地で実際に観測された結露量の春に少なく夏にかけて増加する傾向にあったが (図 4)、それは水蒸気圧の季節変化の傾向と同様であった。本研究では、結露量と水蒸気圧の間に有意な正の相関が見られたが、春の結露量と夜間の負の正味放射量の間には有意な相関は見られなかった (図 5)。逆に、夏季の結露量 - 水蒸気圧および結露量 - 正味放射量のそれぞれの間には、有意な負の相関が見られた。夏の放射冷却の重要性は、表面温度と結露量の関係によってさらに裏付けられる (図 5c)。栽培作物の葉の表面温度 (以下、単に表面温度) は夏季の結露量とのあいだに有意な相関が認められた、春季における結露量と放射冷却強度には有意な相関は見られず、放射冷却による表面温度の低下が夏の露形成の重要な要因であることを示している。これらの結果は、露の形成が春の水蒸気圧によって制限されるのに対し、放射冷却強度が夏の結露の形成の主要な制限要因であることを示唆する。既に述べたように、7 月から 9 月にかけての 3 か月間における降水量は 2018 年が 2019 年・2020 年に比べて多かったが、2018 年の結露量は 2019 年・2020 年よりも少なかった。降水量の多かった 2018 年は大気中の水蒸気圧も高く、潜在的に結露量も多くなるはずであるが、実際の観測結果は逆であった。降水量が多いほど、雲量と



水蒸気圧が上昇し、逆に放射冷却の度合いが弱まり。その結果、結露が制限されるようなメカニズムが働いたことが推察される。

#### (6) 結露と水蒸気輸送

本研究では、6月初旬ごろより急激に水蒸気圧が増加し、それに同調して結露量も増加した(図4)。水蒸気圧増加の理由のひとつとしてトウモロコシ葉からの蒸散による水蒸気供給が挙げられる。現地のトウモロコシの成長は6月と7月に最も活発である。すなわち、この2か月間、葉の面積が増加し、それに伴い蒸散が増加することが示唆される。しかしながら、実際には、2018年のように10日間で約10 hPaも水蒸気圧が急増することもある。これは、単純に蒸散量の増加だけでは説明できない。植物の成長速度を考えると、水蒸気圧の増加速度があまりにも大きすぎるためである。

水蒸気圧増加の別の理由として、総観規模の気象の影響が考えられる。すでに示したように、水蒸気圧は7月に上昇し、9月に低下した。また、風向の観測結果によると、夏季は春季に比べ南向きの風が卓越する結果が得られており、インドと東アジアのモンスーンの影響に南からの水蒸気輸送の影響が水蒸気圧を劇的に増加させた可能性がある。これらの結果は、現地のトウモロコシ畑における結露の形成にさえも影響を及ぼした可能性が高いが、この点に関しては今後の研究の進展を待たねばならない。

#### (7) 半乾燥地の作物生産に対する結露の影響

結露が作物生産に及ぼす影響は、定量的かつ生態生理学の観点から評価する必要がある。本調査(2018年・2019年・2020年)の総降雨量に対する総結露量の比率は、順に2.9%・6.1%・7.2%であった。これらの数値は同じ中華人民共和国北西部の畑地で得られた結果と同程度である。乾燥・半乾燥地域のほとんどの畑地は灌漑されていることを考えると、結露の量は水収支のごく僅かに過ぎない。しかしながら、少量にもかかわらず、結露の観測された日数(2018年:106日, 2019年:108日, 2020年:76日)が降水日数(2018年:74日, 2019年:46日, 2020年:56日)より明らかに多く、また、栽培期間中の日数(4月1日~9月30日;183日)の約50%を占めたことは、結露が植物の生態生理学的機能に影響を及ぼし、かつ、乾燥および半乾燥地域の作物生産を規定することを示唆する。すなわち、結露量の(水資源的な)絶対値ではなく、結露の発生頻度・タイミングおよび期間が植物の生態生理学的機能どの程度影響するかを評価するための重要な要素になるためである。現地のトウモロコシ畑では、結露は夜22時42分頃に始まり、10時間以上続いた後、翌日の朝9時10分頃に蒸発・消散することが明らかとなった。植物葉がその表面から水分を直接的摂取は、*P. dulcis*と*Q. lobata*の場合、それぞれ、150分以上もしくは300分以上を要することが報告されている。本研究の対象作物(トウモロコシ)にとって、葉の水分摂取により葉が再水和するには10時間という時間は十分である。乾燥・半乾燥地では土壌の塩類化の影響により土壌水分の塩分濃度が高いことが多い。結露水は大気由来であり、塩分濃度が低く、灌漑作物畑では葉による水分摂取が相対的により重要になる。また、結露のもうひとつの重要な生態生理学的効果は、葉の表面近くの湿度を上げ、葉の温度の上昇を抑えることにより、蒸散による水分損失を効果的に減らすことである。本研究の観測現場では、日の出は朝の6時頃であるが、日の出後、少なくとも3時間は蒸散による水分損失を減らすことができたと考えられる。栽培期間中、1日の約50%の時間、すなわち、半日間において露による葉の濡れが観察されたことを考えると、結露による蒸散の抑制効果は決して無視できないといえる。これは大気中の水蒸気が凝結することにより葉へ付着した露が、あたかも大気からの灌漑、すなわち、「Air irrigation」として灌水機能を果たすことを意味する。乾燥地や半乾燥地において水資源的な価値は小さいものの、結露は未利用水資源として現地の節水農業に寄与している。

#### <引用文献>

・北野雅治・安武大輔、2015:2015年度研究成果報告書「Air irrigation 効果の評価と応用」(研究課題/領域番号:26660200、研究種目:挑戦的萌芽研究)

<https://kaken.nii.ac.jp/ja/report/KAKENHI-PROJECT-26660200/26660200seika/>

・Gaku Yokoyama, Daisuke Yasutake, Weizhen Wang, Yueru Wu, Jiaojiao Feng, Leilei Dong, Kensuke Kimura, Atsushi Marui, Tomoyoshi Hirota, Masaharu Kitano, Makito Mori, 2021: Limiting factor of dew formation changes seasonally in a semiarid crop field of northwest China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 311, 108705, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108705>.

・Zhifeng Jia, Zhi Wang, Hao Wang, 2019: Characteristics of Dew Formation in the Semi-Arid Loess Plateau of Central Shaanxi Province, China. *Water*, 11(1), 126, <https://doi.org/10.3390/w11010126>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Gaku Yokoyama, Daisuke Yasutake, Keisuke Minami, Kensuke Kimura, Atsushi Marui, Wu Yueru, Jiaojiao Feng, Weizhen Wang, Makito Mori, Masaharu Kitano	4. 巻 255
2. 論文標題 Evaluation of the physiological significance of leaf wetting by dew as a supplemental water resource in semi-arid crop production	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Agricultural Water Management	6. 最初と最後の頁 106964
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.agwat.2021.106964.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Gaku Yokoyama, Daisuke Yasutake, Weizhen Wang, Yueru Wu, Jiaojiao Feng, Leilei Dong, Kensuke Kimura, Atsushi Marui, Tomoyoshi Hirota, Masaharu Kitano, Makito Mori	4. 巻 311
2. 論文標題 Limiting factor of dew formation changes seasonally in a semiarid crop field of northwest China	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 108705
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.agrformet.2021.108705.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 YOKOYAMA Gaku, YASUTAKE Daisuke, MORI Makito, WANG Weizhen, WU Yueru, KITANO Masaharu
2. 発表標題 Air irrigation effects of leaf wetting by dew: Effect on whole plant water relations and gas exchange in maize under water stress
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 (ISAM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 YOKOYAMA Gaku, YASUTAKE Daisuke, TANIZAKI Tsukasa, MORI Makito, KITANO Masaharu
2. 発表標題 Effect of leaf wetting on midday depression of gas exchange in a tomato plant
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 (ISAM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川美嘉, 安武大輔, 横山岳, 木村建介, 森牧人, 丸居篤, 北野雅治, 呉月茹, Feng JiaoJiao, 王維真
2. 発表標題 乾燥地トウモロコシ畑における葉面結露の動態と微気象環境の関係解析
3. 学会等名 令和元年度日本農業気象学会九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山岳, 安武大輔, 王維真, 呉月茹, Feng JiaoJiao, Dong Leilei, 木村建介, 丸居篤, 広田知良, 北野雅治, 森牧人
2. 発表標題 中国北西部の乾燥地畑地における結露の発生は季節ごとに異なる気象要因に制限される
3. 学会等名 日本農業気象学会2020年全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横山岳, 安武大輔, 呉月茹, Feng JiaoJiao, 王維真, 広田知良, 北野雅治, 森牧人
2. 発表標題 乾燥地畑地における葉面結露の発生特性と気象環境の関係
3. 学会等名 令和2年度日本農業気象学会九州支部大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	木村 玲二  (KIMURA REIJI)  (80315457)	鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授    (15101)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	安武 大輔 (YASUTAKE DAISUKE)  (90516113)	九州大学・農学研究院・准教授  (17102)	
研究分担者	丸居 篤 (MARUI ATSUSHI)  (80412451)	弘前大学・農学生命科学部・准教授  (11101)	
研究分担者	長 裕幸 (CHOH HIROYUKI)  (90136599)	佐賀大学・農学部・教授  (17201)	
研究分担者	北野 雅治 (KITANO MASAHARU)  (30153109)	九州大学・農学研究院・教授  (17102)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関