

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20380141

研究課題名（和文） 農産物の高品質化と高収益生産を目指した気象資源の探索と有効利用

研究課題名（英文） Assessment and application of regional meteorological resources for sustainable and highly profitable plant production

研究代表者

北野 雅治（KITANO MASAHARU）

九州大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：30153109

研究成果の概要（和文）：

農業と農村の振興および食の安全と環境保全の観点から、地域の多様な気象資源と植物の生理的機能を利活用して、農産物の品質向上、生産性の向上、省エネルギー、軽労化による高収益生産を可能にする生産技術として、根域の低温ストレス処理、チャの遮光・降温処理、収穫対象器官の温度処理、可動栽培ベッド、斜面日射有効利用システム、地中水パイプ蓄放熱システム等を提案し、それらの効果を生理的・工学的に検証した。

研究成果の概要（英文）：

From the view of sustainable, environment-friendly and highly profitable agriculture, effective applications of meteorological regional resources and plant physiological functions were examined for the high productivity of high quality plants and the energy and labor saving. Many kinds of systems and methods for effective applications of the solar radiation, the low temperature water of mountain streams and the constant soil temperature layer, etc. were newly proposed, and their effectiveness was demonstrated technologically and physiologically.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	9,100,000	2,730,000	11,830,000
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2010年度	2,500,000	750,000	3,250,000
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：生物環境工学，農業気象学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：農業工学、気象資源、省エネルギー、高付加価値化、環境調和型農林水産、高収益生産、環境ストレス、太陽光

1. 研究開始当初の背景

食料需給のグローバル化、資源（広い平坦な農地、安価な石油、農業後継者）の不足、低い価格競争力さらには国内外での農業保護施策の制限等によって、多面的な機能を有する農業と農村の衰退および食料自給率の低下という国家的な問題に直面している。特に、国土の約70%の面積を占める中山間地域

では、急激に荒廃が進行することが危惧されている。これらの問題に対しては、食の安全と環境保全に対する要望の高まりや日本の高い技術力と複雑な地形によってもたらされる多様な気象条件を考慮した戦略が必要である。そこで、図1に示すように、地域の多様な気象を資源として利活用する生産技術を確立することによって、農産物の品質

(味、安全性、栄養性、機能性、保存性、外観)を向上させて付加価値を高めるとともに、生産性の向上(高収量)、省エネルギー、軽労化をはかることによって高収益生産を目指す方が妥当と考えられる。

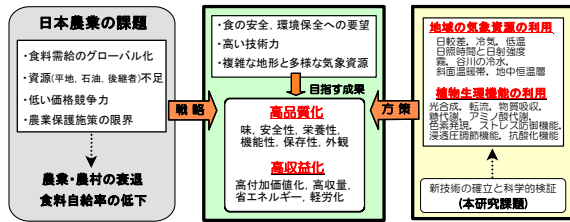


図1 気象資源と植物生理機能の利用による高品質と高収益生産を目指す本研究の戦略的概要

2. 研究の目的

農業と農村の振興および食の安全と環境保全の観点から、植物の生理的機能に立脚して農産物の品質(味、安全性、栄養性、機能性、保存性、外観)を向上させるとともに、生産性の向上、省エネルギー、軽労化による高収益生産を可能にすることを旨とする。そのため、地域の多様な気象条件を新たな資源として活用できる生産技術を提示し、それらの効果を生理学的・工学的に検証することを目的としている。

3. 研究の方法

地域の多様な気象資源と植物の生理的機能を活用して、農産物の品質向上、生産性の向上、省エネルギー、軽労化による高収益生産を可能にする生産技術(システム、方法)として、主に下記の技術を提案し、効果を検証した。

(1) 谷川の冷水の有効利用

図2に示すように、養液栽培において、収穫前の数日間だけ根域のみに低温ストレス処理を行い、ストレス適応機能による糖度上昇、機能性物質の高濃度集積、硝酸・シュウ酸濃度の低減および生育に対する効果を調べた。中山間地の谷川の水温の年間を通じた変動を測定し、暖候期、寒候期それぞれの冷水温を利用するための低温処理の最適化を検討した。また、根の物質(水、イオン、酸素)吸収機能計測システムを構築し、根の吸収機能に対する温度効果の評価とモデルの構築を行った。



図2 根域低温ストレス処理による葉菜の高付加価値化

(2) 太陽光の有効利用

南斜面の豊かな日射と狭い土地の有効利用による収量増と軽労化を目指す立体可動栽培ベッドシステム(図3)でのイチゴ栽培において、可動ベッド上の日射およびイチゴ株の光合成測定に基づいて、可動ベッドの移動の最適化と増収効果を検討した。

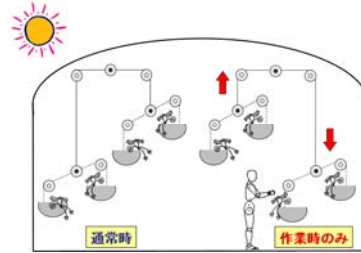


図3 立体可動栽培ベッドシステム(イチゴ)

次に、斜面切り土面の太陽熱に蓄放熱効果によるビニルハウスの寒候期夜間の省エネルギー温度管理を検討するために、4方位斜面切り土ハウス模型を構築し、熱収支解析を行うとともに、図4に示すように、斜面蓄熱水槽を設置した場合の効果も熱収支解析により検証した。

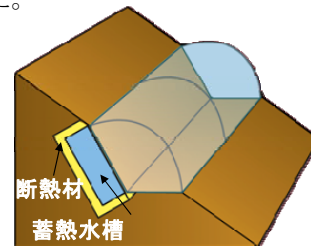


図4 斜面蓄熱水槽を設置した斜面切り土ハウス模型

また、チャの遮光散水処理実験圃場(図5)を設置し、夏茶期の遮光処理、散水処理、放射冷却処理の夏茶の生育および品質に対する効果をアミノ酸分析などによって調べた。

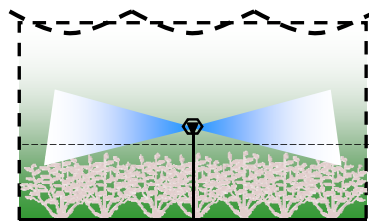


図5 チャの遮光散水処理実験圃場

(3) 地温不易層の有効利用

地下約1.5mの地温不易層に地中水パイプ蓄放熱システムを設置し、養液栽培の水耕液温管理(図6)および収穫対象器官の温度管

理（図7）の効果などを検証し、適正規模を数値シミュレーションで検討した。

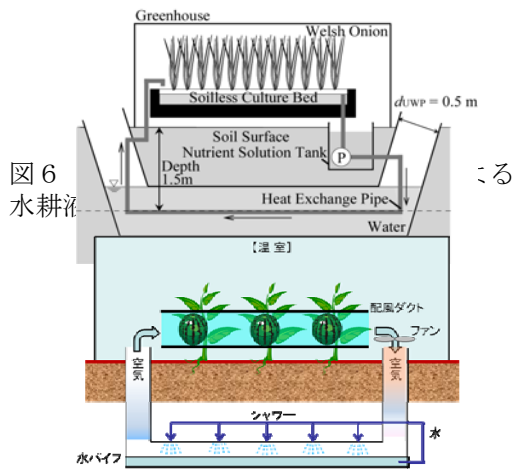


図7 地中水パイプ蓄放熱システムによる収穫対象期間温度管理

(4) その他

福岡県中山間地での谷川の水温、園芸ハウス周辺の多様な深さの地温、四万十川上流域での視程計を用いた霧の発生などの長期間観測を行った。

4. 研究成果

(1) 谷川の冷水の有効利用

- ・谷川の寒候の水温（5℃程度）では、収穫前1週間の根域低温ストレス処理によってホウレンソウの顕著な高付加価値化（高糖度、高ビタミンC、高鉄分、低硝酸、低シュウ酸）が可能であった。

- ・谷川の水温が10℃程度に上昇しても、根域の3日間の高温（30℃）前処理と1週間の10℃低温処理で、有為の生育抑制を回避して高付加価値化が達成された。

- ・根の物質吸収機能の温度依存性を定量的に明らかにし、蒸散統合型イオン吸収モデルを酵素反応速度論に基づいて構築し、イオン吸収の温度依存性をモデルで表現できた。

(2) 太陽光の有効利用

- ・立体可動イチゴ栽培ベッドシステムにおいて、上下2段配置のベッド上のイチゴ個体の光合成速度の日変化の測定結果等を基に、上下のベッドを11時頃に上下動させて、2時間程度、上下を入れ替えるベッド操作を提案した。その結果、慣行区の3倍以上の収量を可能にした。

- ・4方位斜面切り土ハウス模型および斜面蓄熱水槽ハウス模型での観測と熱収支解析により、南側斜面において、斜面蓄熱水槽を設

置した場合に寒候期の蓄放熱効果を高め、夜間の最低気温を数度上昇できることを明らかにした。また、潜熱蓄熱材を水槽内に応用することによって、さらに夜明け前の温度を数度上昇させ得ることが示唆された。

- ・夏チャの生産において、約95%の遮光処理とスプリンクラーによる昼間の散水降温処理により、旨味成分の遊離アミノ酸とテアニンを増加させ、渋み成分のカテキンを減少させることによって夏茶の品質を高めることを可能にした。

(3) 地温不易層の有効利用

- ・地温不易層の温度とハウス内の最高気温（夏期）と最低気温（冬期）の観測から、地温不易層の温度は最高気温よりも約20℃低く、最低気温よりも約13℃高いことが明らかとなり、地温不易層とハウスとの熱交換により夏期の降温、冬期の升温効果が期待できることが明らかとなった。

- ・土よりも蓄熱と伝熱の能力の高い水を容れた地中水パイプを地温不易層に埋設し、熱交換パイプを通してビニルハウス内の水耕ベッドの養液を循環させることによって温度管理を行った結果、夏期で約6℃の降温効果、冬期で約10℃の升温効果が認められ、年間を通してビニルハウス内の水耕ベッドの養液温度を15℃～30℃の範囲に保つことが可能であった。

- ・地中水パイプ蓄放熱システムの熱収支のシミュレーションモデルを構築することによって、適正規模（熱交換パイプ長さ、地中水パイプの本数）の算定を可能にした。2a（8m×25m）の標準規模ベッドの場合、夏期晴天日において養液温度を30℃以下に保つための適正規模を、地中水パイプ（直径50cm）3本、熱交換パイプ（直径10mm）を125m（ベッド2.5往復）と試算した。

- ・配風ダクトによって地中水パイプの冷風をスイカ果実周辺に送ることによって、夏期にスイカ果実の温度を最大8℃低下させることができ、その結果、果実外縁部のフルクトースとスクロース含量が高まった。

(4) その他

- ・福岡県内の中間山地の谷川の水温は寒候期は5℃～10℃で推移し、暖候期は15℃前後で推移し、下流ほど気温の影響を受けた。従って、寒候期においては、根域低温ストレス処理に谷川の冷水が有効と判断された。暖候期においては補助的な冷却手段が別途必要と判断された。

- ・山間地での霧の発生頻度は、移動性高気圧の影響で4月と5月で低く、チャ樹などの植物体温低下の霧による抑制効果は期待できないと判断された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 35 件)

1. Sago, Y., Yasutake, D., Hidaka, K., Yasunaga, E., Eguchi, T., Yoshida, S. and Kitano, M. Kinetics of root ion absorption affected by environmental factors and transpiration. III. A kinetic model integrated with transpiration. *Environment Control in Biology*, **49**: 41-46, 2011.
2. Ebihara, K., Marui, A., Takata, M., Sakamoto, D., Sago, Y., Yasutake, D., Araki, T., Cho, H., Wang, W., Kobayashi, T. and Kitano, M. Root absorptive functions drive salt accumulation in crop fields under desertification. I. Effects of leaf transpiration and soil evaporation. *Eco-Engineering*, **22**: 93-99, 2010.
3. Falah, M. A. F., Wajima T., Yasutake, D., Sago, Y. and Kitano, M. Responses of root uptake to high temperature of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in soil-less culture. *Journal of Agricultural Technology*, **6**: 543-558, 2010.
4. Zushi, K., Matsuzoe, N. and Kitano, M. Developmental and tissue-specific changes in oxidative parameters and antioxidant systems in tomato fruits grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, **122**: 362-368, 2009.
5. Kitano, M., Urayama, K., Sakata, Y., Sonoda, Y., Ebihara, K., Sago, Y., Yoshikoshi, H., Araki, T., Yasutake, D., CHO, H., and Kobayashi T., Water and salt movement in soil driven by crop roots: a controlled column study. *Biologia*, **63**: 474-477, 2009.
6. Yasutake, D., Araki, T., Wang, W., Kobayashi, T., Cho, H., Mori, M. and Kitano, M. Analysis of salts transport affected by root absorption capacity in surface-irrigated fields in the upper Yellow River basin. *Biologia*, **63**: 570-574, 2009.
7. Araki T., Watanabe S., Wajima T., Kitano M., Nakano Y. and Okano K., Short-term application of the concentrated deep seawater for production of high quality tomatoes by single-truss and high density cultivation. *Environment Control in Biology*, **47**; 37-46, 2009.
8. Hidaka, K., Kitano, M., Sago, Y., Yasutake, D., Miyauchi, K., Affan, F. F. M., Ochi, M. and Imai, S., Energy-saving temperature control of nutrient solution in soil-less culture using an underground water pipe. *Acta Horticulturae*, **797**: 185-191, 2008.
9. Hirai, M., Yoshikoshi, H., Kitano, M., Wakimizu, K., Maki, T., Sakaida, T., Yoshioka, T., Nitabaru, J., Nakazono, K. and Hayashi, M., Production of value-added crop of green tea in summer under the shade Screen net canopy microenvironments. *Acta Horticulturae*, **797**: 411-417, 2008.
10. Hidaka, K., Ito, E., Imai, S., Kitano, M., Yasutake, D. and Miyauchi, K. Innovative cultivation of vegetables on vertically moving beds controlled by double seesaw mechanics. *Acta Horticulturae*, **801**: 1205-1210, 2008.
11. Hidaka, K., Kitano, M., Takahashi, T., Yasutake, D., Sago, Y., Ishikawa, K. and Kawano, T. Production of high quality vegetable by applying low temperature stress to roots. *Acta Horticulturae*, **801**: 1431-1436, 2008.

[学会発表] (計 90 件)

1. 安武大輔, 麓九梨子, 山根信三, 森牧人, 北野雅治. スイカ果実の省エネルギー局所温度調節とその効果. 日本農業気象学会 2011 年大会, 2011 年 3 月 15 日, 鹿児島.
2. 大渡勝史, 脇水健次, 北野雅治. 斜面日射の有効利用を目指したハウス蓄放熱システム—潜熱蓄熱材の応用のための基礎実験—. 日本農業気象学会 2011 年大会, 2011 年 3 月 15 日, 鹿児島.
3. Mori, M., Yasutake, D., Miyauchi, K., and Kitano, M. Observations of fog as a climatological factor affecting tea production. *The 4th international conference on O-CHA (Tea) culture and Science*, 27 October 2010, Shizuoka.
4. 北野雅治. 植物の環境ストレス応答とその応用 1. 地域資源を活用した環境ストレスの応用と回避. 園芸学会平成 22 年度秋季大会, 2010 年 9 月 19 日, 大分
5. Sago, Y., Yasutake, D., Hidaka, K. and Kitano, M. Model of ion absorption of roots integrated with water absorption based on theory of enzyme kinetics. *28th International Horticultural Congress*, 23 August 2010, Lisbon.
6. Chadirin, Y., Nakano, A., Kagawa, H., Sago, Y., Kitano, M. Short term applications of low and high temperature stresses to roots for high quality spinach (*Spinacia oleracea* L.). *28th International Horticultural Congress*, 23 August 2010, Lisbon.
7. Takamura, S. and Kitano, M. Analysis of heat exchange in the underground water pipe system for energy-saving soilless culture, *International Symposium on Agricultural Meteorology 2010*, 19 March 2010, Nagoya.
8. 江口壽彦, 北野雅治. ニンジンの養液栽培に関する基礎研究 (第 2 報) 地下部への温度処理が貯蔵根の収量および品質に及ぼす影響. 園芸学会平成 21 年度秋季大会, 2009 年 9 月 26 日, 秋田.
9. Kitano, M., Takamura, S., Hirai, M., Sago, Y., Hidaka, K., Ochi, M., and Imai, S.

Energy-saving temperature control of Hydroponic Nutrient Solution by Heat Exchange with Underground Water Pipe., *International Symposium on Agricultural Meteorology 2009*, 3 March 2009, Shimonoseki.

10. Hirai, M., Yoshikoshi, H., Wakimizu, K., Kitano, M., Sakaida, T., Nitabaru, J., Yoshioka, T., Nakazono, K., and Hayashi, M. passive control for production of high quality green tea in midsummer. *International Symposium on Agricultural Meteorology 2009*, 3 March 2009, Shimonoseki.
11. Hidaka, K., Kitano, M., Yasutake, D., Affan, F. F. M., Sago, Y., Ochi, M. and Imai, S. Energy-saving temperature control of nutrient solution in soil-less culture by applying underground water pipe., *ISHS International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions*, 22 October 2008, Tucson.
12. Hidaka, K., Ito, E., Imai, S., Kitano, M., Yasutake, D. and Miyauchi, K., Innovative cultivation of vegetables on vertically moving beds controlled by double seesaw mechanics., *ISHS International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions*, 22 October 2008, Tucson.

[図書] (計2件)

1. Kobayashi, K. and **Kitano, M.** 2010. *Biohydrology of Farmland under Desertification* SPA & Water Press, pp.168.
2. Yang, D., Otsuki, K., Kobayashi, T., Yasutake, D., Cho, H., **Kitano, M.**, Mori, M., Watanabe, T., Takeuchi, K., Ishidaira, H. and Yan, C. 2010. *The Yellow River: Water and Life "3 Water Resources and Use"*, World Scientific Publishing, 25-72.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北野 雅治 (KITANO MASAHARU)
九州大学・農学研究院・教授
研究者番号：30153109

(2) 研究分担者

宮島 郁夫 (MIYAJIMA IKUO)
九州大学・熱帯農業研究センター・准教授
研究者番号：20182024

江口 壽彦 (EGUCHI TOSHIHIKO)
九州大学・生物環境調節センター・助教

研究者番号：40213540

荒木 卓哉 (ARAKI TAKUYA)
愛媛大学・農学部・准教授
研究者番号：10363326

圖師 一文 (ZUSHI KAZUHUMI)
尚綱大学・総合生活科・准教授
研究者番号：50435377

森 牧人 (MORI MAKITO)
高知大学・自然科学系・准教授
研究者番号：60325496

(3) 連携研究者

河野 俊夫 (KAWANO TOSHIO)
高知大学・自然科学系・准教授
研究者番号：60224812

宮内 樹代史 (MIYAUCHI KIYOSHI)
高知大学・自然科学系・准教授
研究者番号：80253342

(4) 研究協力者

安武 大輔 (YASUTAKE DAISUKE)
高知大学・自然科学系・准教授
研究者番号：90516113

日高 功太 (HIDAKA KOTA)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究所・九州沖縄農業研究センター・任期付研究職員
研究者番号：80547232