特 集 記 事

タイにおける米栽培：その現状および世界的気候変動に対応した戦略

Rice breeding in Thailand: Current status and future strategies on global climate change

Somsong Chotechuen¹⁾ · Orapin Watanesk²⁾ · Songkran Chitrakon³⁾¹⁾ Pathum Thani Rice Research Center, Rice Department, Rangsit, Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand²⁾ Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand³⁾ Rice Department, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

キーワード

イネ, タイ, 環境問題, 育種, 農業生産

背 景

タイは 513,115 km² の面積と約 6500 万人の人口を持つ国であり、主要な産業は農業である。76 の州に分かれ、それらは北部、北東部、中央部、南部の 4 つの地域グループに分類されている。ほとんどの地域は熱帯に属し、2 つの季節を持つ。暖かく多雨で曇りがちの南西モンスーン（5 月中旬から 10 月まで）と、涼しくて乾燥した北東モンスーン（11 月から 4 月中旬まで）である。しかし南部の地峡地帯はいつも高温多湿である。極めて多様な種類の農作物が栽培されているため、農業が行われている地域ではさまざまな生態型が見られる。いくつかの在来種の作物、なかでも特にコメが、かつて栽培されていたし、現在も栽培され続けている。コメの在来種としては Plai Ngahm, Nahng Mon, Leuang Pratew, Jek Chuey, Sang Yod などがある。

農業生態学的な分類方法によると、タイの国土は 4 つの生態系に分けられる。つまり灌漑農耕地域、天水農耕が行われる低地、地下水利用地域、そして高地である。コメの栽培が一番多いのは天水農耕が行われる低地であり、次いで灌漑農耕地域、地下水利用地域、高地が続く。コメ栽培が行われる地域の 80% 以上が天水農耕地域にあり、そこではモンスーンの降雨が唯一の水源であるため、年に一度、雨季にだけコメが栽培される。残りの 20% 以下の土地で灌漑農耕が行われており、そこでは灌漑用水のおかげで雨季だけでなく乾季にもコメが栽培されている (Kupkanchanakul 2000)。現在まで、最大のコメ生産地域は北東地域であり、524 万 ha でコメが栽培されている。これは主要なコメの品種の全栽培面積である 918 万 ha の 57% である。現在、主要なコメの品種の最大平均収穫高は中央平野における 3.70 t/ha であり、次いで北部地域 (3.45 t/ha)、南部地域 (2.66 t/ha)、北東地域 (2.11 t/ha)

と続く (表 1)。タイにおけるコメの全栽培面積は約 1100 万 ha で、平均収穫高は 3.01 t/ha である。コメの生産量は増加傾向にあり、2005 年には 3029 万 t だったのが 2007 年には 3209 万 t に増えた。同時に輸出量と輸出額の両方が伸びている (表 2)。

タイにおけるコメの品種改良は、1910 年にコメの品評会を初めて開催した国王ラーマ 5 世の治世に始まった。この品評会は後に、穀粒品質の高い品種を普及させる手段として利用された。入賞した品種は農業省に集められ、試験後に種子増殖が行われて農民に配られた。最初のコメの研究施設であるクロンランシットイネ試験場、現在のパトゥンタニ稲研究所は、1916 年に設立されている。最初の品種改良プログラムは、穂の選抜や収量試験を通じて穀粒の質を高め、収穫量を増やすことに主眼がおかれた。その主な目的は、収穫量が多く、穀粒の質もよく、さまざまな地域の環境に適応できる品種を改良することだった。そのため穀粒の質が高く、細長い粒形を持ち、環境への適応が容易な品種を同定して、純系選抜を行っていった (Somrith 1996)。

タイの伝統的な栽培品種は、幅広で明るい緑色の葉が活発に分げつしていくことを特徴とする。ほとんどは光周期に対する感受性が強く、あまり窒素肥料に反応しない。温室栽培の場合と屋外栽培の場合を比較すると、主な病気や害虫に対する抵抗力に違いがみられる。インディカ種のほとんどの品種と同じように、タイ米の穀粒は長細く平らで、一般的に無芒であり、穎に細くて短い毛が生えている。1966 年に国際稲研究所 (IRRI) から高収量品種である IR8 が発表されると、同品種やその他数種類の品種改良された遺伝子材料がタイにもたらされ、国家育種計画に従って親株として広く使われた。それ以来、タイの栽培品種と IRRI の遺伝子材料の交配によって、高収量で光周期感受性の弱い品種が数多く開発された。また育種計画が見直され、光周期感受性の強い種類と弱い種類の双方について、倒伏、病気、害虫の問題の解決策を見つけることが目的として掲げられた (Somrith 1996)。

生産に関わる諸問題

1) 干ばつ

降雨量が乾季を間にはさんだ二峰性の分布を示すことの多い、ほとんどの天水農耕地域では、干ばつは最大の問題である。北部、北東部、中央平野の多くの地域で、人々は干ばつの不安を共有している。南部では雨量は豊富だが、コメ栽培地域の一部、特に軽量土壌では、水不足に陥りやすい。干ばつによる被害は幼苗期と分けつ期に受けやすく、また生殖成長期にも深刻な被害を受けることが多い。

2) 洪水

洪水は、コメ栽培では最も深刻な被害をもたらす災害の一つである。干ばつに陥りやすい北東部地域は、時々冠水することもある。北部の溪谷や平原では、上流域で大雨が降った後などに田んぼが水浸しになることが多い。川の水かさが増すと中央平野で洪水が起こり、10日以上も稲が水浸しになることもある。南部では、低地や平地でうまく排水されないために鉄砲水が発生することがある。冠水はさまざまな成長過程で起こり得るが、特に生殖成長期に多い。

3) 雑草

コメに関わるあらゆる生態系で、雑草競合が見られる。高地では *Digitaria* spp., *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Paspalum* spp. などのイネ科雑草、それに *Melochia corchorifolia*, *Jussiaea linifolia*, *Trianthema portulacastrum*, *Eclipta prostrata*, *Amaranthus* spp., *Euphorbia* spp. などの広葉雑草がみられる。低地では *Cyperus difformis*, *C. Iria* などのカヤツリグサ科の雑草、*Echinochloa crus-galli*, *E. colana*, *E. pyramidalis*, *Leptochloa chinensis* などのイネ科

雑草, *Marsilea crenata*, *Eclipta prostrata*, *Sphenochlea zeylanica* などの広葉雑草がみられる。灌漑農耕地域で雑草が多い理由としては、整地やその他の準備が不十分なこと、不適切な水管理、灌漑用水と米粒への雑草の種子の混入、直播き、輪作を行わないことなどが挙げられる。

4) 土壌の問題

コメ栽培地域で経済的に重大な影響を持つ土壌の問題としては、塩類土壌、酸性硫酸塩土壌、砂質土などが挙げられる。内陸部の塩類土壌は、灌漑があまり行われない北東部にほとんどが集中しており、約 280 万 ha の面積を持つと考えられている。砂質土も北東部に多く、約 100 万 ha の広がりを持ち、生産性は低い。干ばつと砂質土の両方の問題が存在するため、この地域のコメの収穫量は決して高くない。

5) 病気と害虫

気候や土壌の問題に加えて、さまざまな病気や害虫も、全てのコメ栽培地域において収穫量を左右する。主な病気としては、いもち病、白葉枯病、ラギッドスタント病があり、その他に条斑細菌病、胡麻葉枯病、ツングロ病、葉鞘腐敗病、イネ小黒菌核病、イネ褐色米病などがある。主な害虫はトビイロウンカ、タイワンツマグロヨコバイ、セジロウンカ、タマバエ、ニカメイガであり、その他にイネアザミウマ、イネクロカメムシ、ヨトウムシ、アワヨトウ、コナカイガラムシ、コガネムシなどがある。

気候変動とコメ生産への影響

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は 2007 年に、1906 年から 2005 年までの百年間の気温上昇を $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ に訂正した。これは、20 世紀には世界的に $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ の気温上昇が見られたという、前回の推定よりも高い値である。IPCC はまた、将来の気候変動を予測するために、さまざまな人為的な二酸化炭素排出のシナリオも作成した。それに従った気候モデルでは、2100 年までに大気中の二酸化炭素濃度は 540 ppm から 970 ppm に増えるという。地球平均では地表温度が 1990 年から 2100 年の間に 1.4°C から 5.8°C ほど上昇する。また海水面は 1900 年から 2100 年の間に平均 0.09 m から 0.88 m ほど上昇する。熱波、干ばつ、豪雨、極めて激しい熱帯サイクロンなどの極值的気象も起こりやすくなる可能性が指摘

表 1. 地域ごとのコメ生産量 (タイ, 2007)

地域	作付面積 (1 万 ha)	収穫面積 (1 万 ha)	収穫量 (1 万 t)	平均収穫量 (t/ha)
北部	204	192	661	3.45
北東部	524	491	1038	2.11
中央部	157	149	552	3.70
南部	32	30	81	2.66
計	918	862	2331	2.71

出典: Office of Agricultural Economics (2008).

表 2. コメの栽培面積、収量、輸出量と輸出額 (一期目と二期目) 2005-2007

年	作付面積 (1 万 ha)	収穫面積 (1 万 ha)	収穫量 (1 万 t)	平均収穫量 (t/ha)	輸出量 (1 万 t)	輸出額 (1 万 US ドル)
2005	1083	1022	3029	296	730	227.8
2006	1082	1017	2964	292	742	255.3
2007	1123	1067	3209	301	955	359.2

出典: Office of Agricultural Economics (2008), タイ商工会議所 (2008).

されている (UNESCO 2007)。

極端な気候の変化は、コメの生産に大きな影響を及ぼしかねない。急激に気温が上昇したり下降したりすると、種子の生殖機能が損なわれる可能性があるし、大雨は稲の倒伏を引き起こす。また湿度が異常に高くなると、病気や害虫が発生しやすくなる。気温が稲の発育に及ぼす影響については、1934 年以来研究が行われてきた (Nishiyama 1979)。稲にとって最適な温度は、発育段階によって異なる。例えば、ジャポニカ種の稲の発芽に最適な温度は 20–25°C だが、タイの在来品種の場合、30–34°C でも発芽する。一般的に、タイのインディカ種はジャポニカ種よりも最適温度が 2–3°C 高いからだ (Yoshida 1981)。一方、光合成が最も活発に行われるのは 30°C で、32°C 以上または 17°C 以下になると減少する。限界温度を越えると、光合成速度が減少するばかりでなく、光合成産物の吸収や細胞分裂も減少する (Munakata 1995, Yoshida 1981)。

1991 年に、北部の、特にチェンマイ県やラムプーン県を中心とする地域では季節外れの雨と高温多湿の天気交互に続いた結果、穂首イモチが発生して RD6 種は大きな被害を被った。2000 年にはピサヌローク県で、1 時間あたり 100 mm の降雨量という季節外れの豪雨が 12 時間も続き、熟した稲穂を痛めつけた。Chainat 1 種と Suphanburi 1 種は倒伏してしまい全く収穫できなかったのに対して、倒伏しにくい Phitsanulok 1 種は被害を受けなかった。2002 年の収穫期には、北部の田んぼが季節外れの雨に襲われた。San-Pa-Tawng 種は穂発芽してしまったのに対して、RD6 種は種子が休眠状態であったため、被害を受けなかった。2002 年から 2005 年にかけて、イネクロカメムシ、コガネムシなどの害虫が、それぞれ中央平野と北東部で確認された。この地域でこれらの害虫が確認されたのは、初めてのことであった (Polwatana 2005)。

タイでは、気温の変化が稲の生育と生産に及ぼす影響が、種子増殖の面から各地の稲研究所で調査されてきた。季節外に栽培された、光周期に対する感受性の弱い品種は、気温も異なる雨季に栽培された品種とは違う特性を持っている。例えば、パトゥンタニ州で雨季 (7 月～8 月初旬) に栽培された Pathumthani 1 種は、植え付けから 112–115 日で完熟した。これに対して 11 月から 1 月の間に第二期栽培作物として植えられた場合、130–135 日かかった。この品種を雨季にチェンライ州で栽培すると、成熟までに 130–135 日かかるが、第二期栽培作物として栽培された場合は 147 日かかった。これに加えて、2000 年にはピサヌロークイネ研究所で、高温や低温が種子の不稔性に及ぼす影響についても調査が行われた。第二期栽培作物として栽培された稲の開花期に気温が 1–3°C ほど高すぎると、Phathumthani 1 種の少なくとも 40% が不稔だったのに対して、Suphanburi 1 種は影響を受けなかった。また、幼穂分化期と開花期の段階で通常の気温よりも 2–5°C 低いと、特に Phitsanulok 2 種において、花粉と

種子の双方が生殖不可能になった (Polwatana 2005)。

急激な気温の上昇や下降のような極端な温度変化は、コメの収穫量に重大な影響を及ぼす可能性がある。気温が上がりすぎただけでも小穂の不稔をもたらし、40°C になると収穫が全て失われてしまうこともある (Yoshida and Parao 1976)。これに対して、インディカ種とジャポニカ種の両方の遺伝子型で、高温による不稔に対する耐性を持つ型式が報告されている (松井ら 1987)。品種によっては早朝に開花するものもあり、その場合、日中の高温による被害を少しでも免れられるという利点がある (今木ら 1987)。

世界的な気候変動を見据えた育種戦略

世界的な気候変動の不安が大きくなるなか、タイのコメ農家では、極値的気象に対処するための育種戦略を立てている。それらは、(1) 地域ごとに、環境に合ったさまざまな品種を利用する、(2) 病気や害虫、環境ストレスに強い品種を開発するための新たな遺伝子ドナーを見つけ出す、(3) 高温、冠水/洪水、倒伏、塩分、干ばつなどに強い品種を育成する、などである。

稲の主要な病気をひきおこすさまざまな要因についても研究を続け、気候変動による病原体の多様化やこれが遺伝的性質に及ぼす影響、これに対する稲の順応性などを明らかにする必要がある。また同時に病原性や毒性を持つようになる傾向などについても明らかにできるだろう。

最近、低温に対する耐性を持つ新しい品種を開発するための遺伝子材料が、IRRI から供給された。冠水に対する耐性を持つ品種を開発するためには、ウボンラチャタニイネ研究所の研究グループが、洪水に強い遺伝子を供給する「Sub1」というコメの系統を利用している。遺伝資源のために国立イネ種子保存研究室から提供された生殖質は、チュンバイネ研究所で、塩分や干ばつに対する耐性の研究のために調べられている。また、コメ農家では、生産技術、稲保護、作物生理学などの分野の研究グループと協力して、最適な作付け時期、開花時期、病気、害虫、乳白色などに対する気候変動の影響を調べている。新しい品種を選択・開発し、また伝統的な育種方法を生理学的、細胞学的アプローチと組み合わせて、極端な気象条件に対しても耐性や順応性を持つようにすることによって、世界的な気候変動の影響を最小限におさえることができるだろう。

引用文献

- 今木 正・徳永修司・尾原伸哉 (1987) 日作紀 56 (別 2) : 209–210.
Kupkanchakul, T. (2000) *In* “Bridging the rice yield gap in the Asia-Pacific region. Food and Agriculture Organization of the United Nations”, Papademetiou M. K., F.J. Dent and E. H. Hearth (eds.), Regional Office for Asia and the Pacific (RAP), Bangkok (Thailand), FAO/RAP.

- Matsui, T., K. Omasa and T. Horie (1997) 日作記 66: 449–455.
- 松井 勤・大政謙次・堀江 武 (1997) 日作紀 66: 449–455.
- Munakata, K. (1995) *In* “Science of the Rice Plant Vol. 2. Tokyo: Physiology”, Matsuo, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara and H. Hirata (eds.), Food and Agricultural Policy Research Center, 671–684.
- Nishiyama, I. (1979) “Mechanism of sterility caused by cool temperature at the booting stage in rice plants”, the IRRI Saturday Seminar (Feb. 3, 1979), 18.
- Office of Agricultural Economics (2008) “Agricultural Statistics of Thailand 2007”, Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 169.
- Polwatana, A. (2005) *In* “Faculty of Science, Ramkhamhaeng University. Final Report Vol. 2: Research and development project on establishing the action plan in preparation for climate change problem in Thailand. Presented to Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning”, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand, 74–94.
- Somrith, B. (1996) *In* “Breeding strategies for rainfed lowland rice in drought-prone environments”, Fukai, S., M. Cooper and J. Salisbury (eds.), Proceeding of an International Workshop held at Ubon Ratchathani, Thailand, 36–42.
- Thai Chamber of Commerce (2008) “Thai rice export statistics 2005–2007” (Available source: <http://www.dft.moc.go.th>, September 29, 2008).
- UNESCO (2007) “Case Studies on Climate Change and World Heritage”, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, 79.
- Yoshida, S. (1981) “Fundamentals of Rice Crop Sciences”, International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Yoshida, S. and F.T. Parao (1976) *In* “Climate and Rice”, IRRI, Los Banos, Philippines, 471–494.