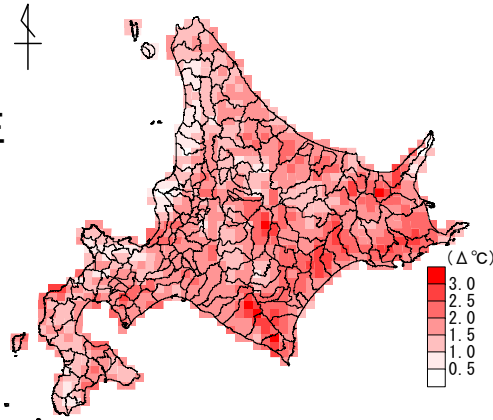


地球温暖化で道内の農作物にはどんな影響が及ぶのか？

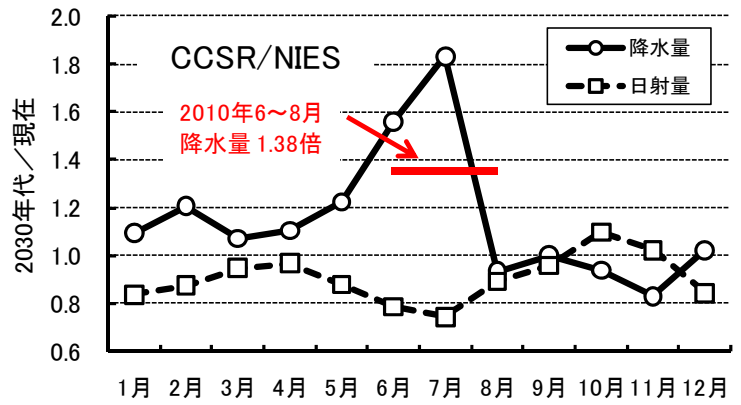
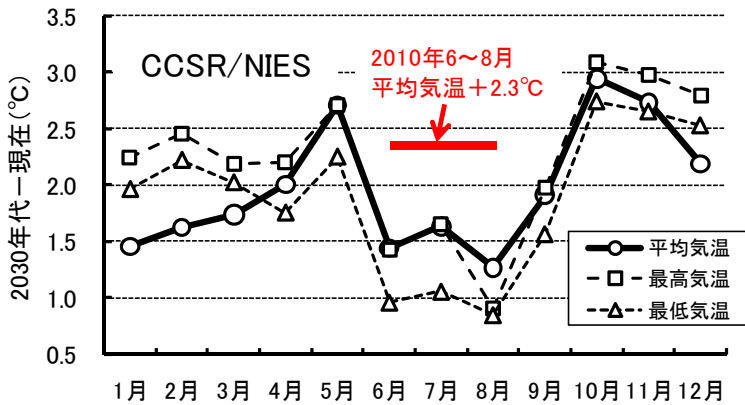
その1. 2030年代の気候はどうなる？

地球温暖化が道内農作物に及ぼす影響を予測するため、既往の温暖化気候メッシュデータ (Yokozawaら, 2003) を活用し、2030年代の道内気候データを整備しました。



本研究で使用したCCSR/NIESシナリオによる7月の平均気温予測値の例(現在からの上昇程度, °C)

※現在は1971~2000年を統計期間とする平年値。



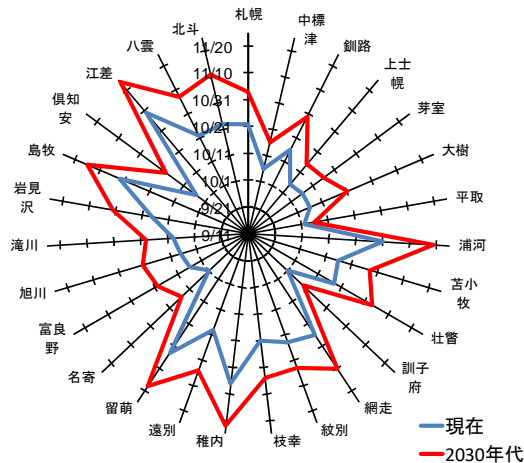
2030年代の気象要素測値と現在との比較(道内935メッシュの平均値)

- 月平均気温は現在より1.3~2.9°C(年平均2.0°C)上昇します。農耕期間(5~9月)の上昇幅は平均1.8°Cで、秋・冬季よりも小さめです。
- 2010年(記録的な高温・多雨年)と比較すると、2030年代予測値は十分現実味があります。

- 降水量は現在の0.8~1.8倍(年間比1.2倍)で、6, 7月に多雨と予想されています。
- 農耕期間の日射量は現在より15%減少します。

降霜・雪融け時期も変化する

- 秋の気温上昇により、初霜日は現在より4~19日(全道平均13日)遅くなります(左図)。
- 一方、春の気温上昇で、晩霜日は現在より4~18日(平均13日)早まり、無霜期間は16~37日長くなります。
- 長期積雪終日(消雪日)も、現在より3~17日(平均11日)早まると見込まれます。



温暖化に伴う道内各地の初霜日の変化(CCSR/NIES)
(j軸の単位は月/日. 初霜日推定法:最低気温が、内陸部では5.5°C以下、沿岸部では4.5°C以下となる日とした)

CCSR/NIES

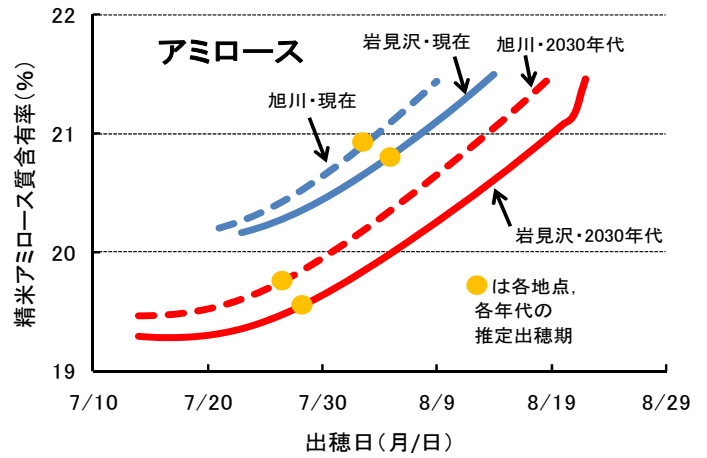
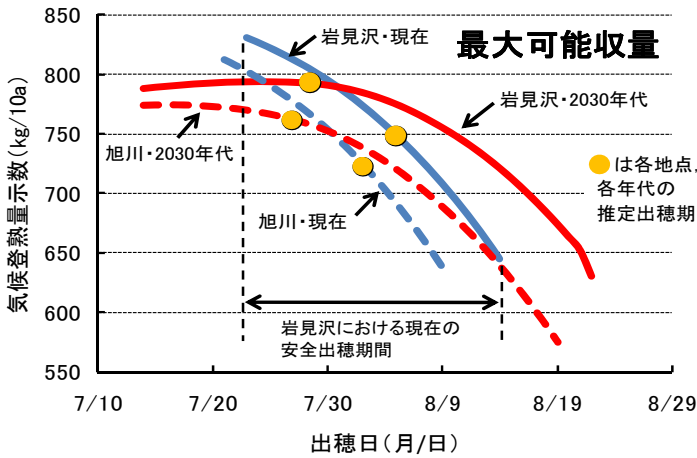
東京大学大気海洋研究所(CCSR)と国立環境研究所(NIES)による、今後百年間の地球気候変化予測モデル。

本課題は、道総研の各農畜試が分担して研究した成果です。

お問い合わせは 道総研十勝農業試験場 研究部生産環境グループ Tel 0155-62-9829 tokachi-agri@hro.or.jp

地球温暖化で道内の農作物にはどんな影響が及ぶのか？

その2. 道産米が一層おいしくなる



出穂日と最大可能収量(左)および精米アミロース含有率(右)との関係(旭川, 岩見沢における試算例)
 最大可能収量(気候登熱量示数)は林ら(2001)に, またアミロース含有率は丹野(2010)に基づき算出。

- 登熟条件から推定した2030年代の最大可能収量(気象登熱量示数, 林ら, 2001)は, 出穂期の前進と登熟気温の増大により, 現在よりも6%程度増加します。
- また, 安全出穂期間が拡大し, 出穂日の前後による収量変動は小さくなり, 作柄は安定します。

- 2030年代には登熟気温の増大でアミロース含有率が低下し, 良食味化が期待されます(タンパク含有率もやや低下)。
- ただし, 生育期の前進で冷害危険期の気温はわずかに高まるだけなので, 障害型冷害(不稔発生)の発生には現在と同様, 要注意です。

その3. 秋まき小麦は減収か

作物モデル「WOFOST」による生育シミュレーション結果

入力設定			シミュレーション結果			
地点 (土壌)	年代	起生期 (月/日)	成熟期 (月/日)	登熟日数 (日)	最大可能収量(kg/10a)	
					気温と日射量 から算出	土壌水分条件 を考慮
岩見沢 (低地土)	現在	4/13	7/18	40	784	514(66)
	2030年代	4/3	7/8	40	719(92)	705(90)
芽室 (火山性土)	現在	4/6	7/24	43	758	755(100)
	2030年代	3/26	7/15	43	659(87)	645(85)
訓子府 (台地土)	現在	4/16	7/27	42	787	674(86)
	2030年代	4/1	7/15	42	648(82)	642(82)

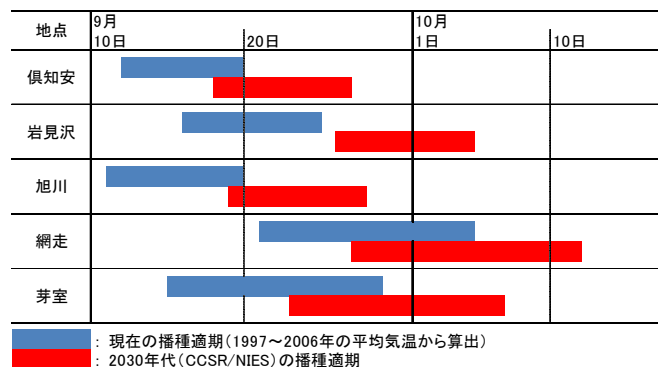
収量欄のカッコ内の数値は, 各地点において太字を100としたときの指数。

<シミュレーションにおける主な設定条件>

- ①作物パラメーターは「ホクシ」並, ②現在の気象は1971~2000年を統計期間とする平年値,
- ③2030年代の気象はCCSR/NIES, ④起生期は長期積雪終日の7日後, ④「土壌水分条件を考慮」の場合は, 有効土層を40cmとして計算。

- 2030年代には起生期と成熟期は前進しますが, 登熟日数に大きな変化はありません。
- 収量は日射量の減少で現在よりも全般に減少します。開花期以降の降水量増加で水分不足が緩和される地域もありますが, 倒伏や穂発芽の増加が懸念されます。

現在および2030年代の播種適期
 (「きたほなみ」を想定)



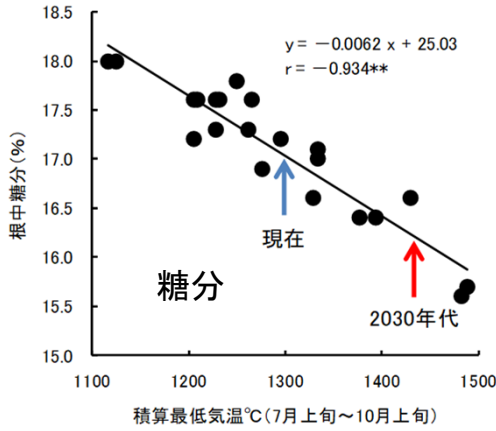
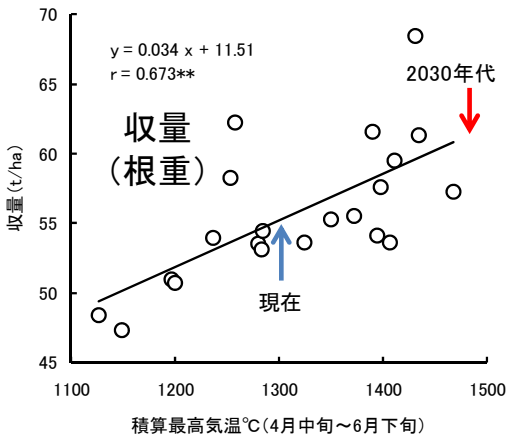
- 秋の気温上昇で, 播種適期は現在よりも6~10日程度遅くなります。
- その結果, 前作の選択枝拡大や播種期の作業競合緩和などの効果が期待されます。

本課題は、道総研の各農畜試が分担して研究した成果です。

お問い合わせは 道総研十勝農業試験場 研究部生産環境グループ Tel 0155-62-9829 tokachi-agri@hro.or.jp

地球温暖化で道内の農作物にはどんな影響が及ぶのか？

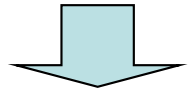
その4. てんさいは増収して糖分低下



● 収量(根重)は生育前半(4月中旬~6月下旬)の積算最高気温と正の相関を示すので、2030年代には現在よりも増えます。

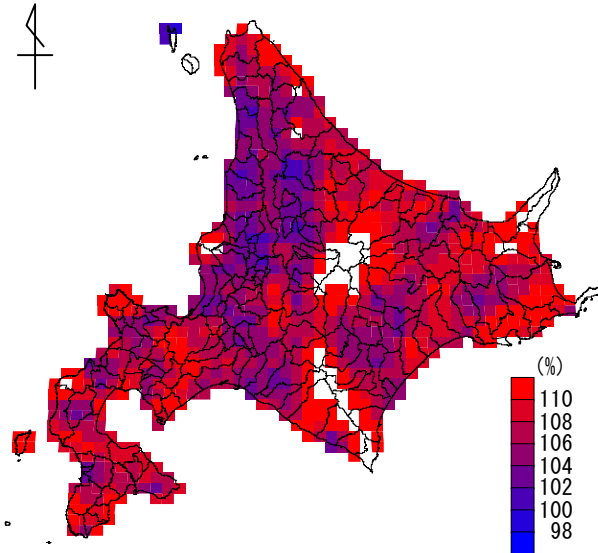
● 一方、根中糖分は生育後半(7月上旬~10月上旬)の積算最低気温と負の相関を示すため、2030年代には低下します。

収量、根中糖分と積算最高・最低気温との関係(1986~2006年) 気温は各地区代表アメダスデータを作付面積で加重平均して算出。収量は全道平均値。図中の矢印は作付地域平均の現在と2030年代(CCSR/NIES)の位置付け。



2030年代のてんさい糖量推定マップ (現在比%)

糖量=根重×根中糖分
 現在および2030年代の気温はそれぞれメッシュ気候値2000およびCCSR/NIES。
 現在の根重が45 t/ha未滿のメッシュは除外(てんさい作付実績のない地域を含む)。



● 収量×根中糖分で求められる「糖量」は、2030年代には全道平均で6%程度増加します(左図)。

● ただし、高温で多発が懸念される病害への対応や排水対策、そして生育期間の延長による収穫適期の見直しなどが必要です。

その5. 日射量減でばれいしょは減収

● 2030年代の収量は、現在より約15%減少します。この原因は気温の上昇よりも日射量の減少にあります。

● 植付期を早めても収量はほとんど増えませんが、「紅丸」相当の熟期でも生育停止日(枯凋期)は9月中旬まで早まります。

● でんぷん価は8~9月の気温上昇で全般に低下するので、高温耐性品種の開発・導入が求められます。

作物モデル「WOFOST」による生育シミュレーション結果

入力設定		シミュレーション結果					
地点	年代	植付期(月/日)	萌芽期(月/日)	生育停止(月/日)	生育日数(日)	最大可能収量(塊茎重, kg/10a) 気温と日射量から算出	気温から算出
芽室	現在	5/9	5/30	9/29	122	6500	—
	2030年代	5/9	5/27	9/18	114	5500(85)	6100(94)
		5/1	5/21	9/13	115	5500(85)	6200(95)
訓子府	現在	5/13	6/4	10/12	130	7000	—
	2030年代	5/13	5/31	9/27	119	5900(84)	6500(93)
		4/30	5/21	9/18	120	6000(86)	6700(96)

収量欄のカッコ内の数値は、各地点において太字を100としたときの指数。

<シミュレーションにおける主な設定条件>

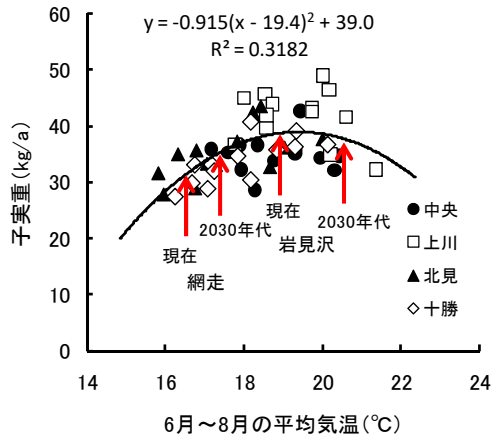
①熟期は「紅丸」並、②植付日は各地点の平年値または2030年代の気温上昇に合わせて前進の2通りを想定、③現在の気象は1971~2000年を統計期間とする平年値、④2030年代の気象はCCSR/NIES、⑤訓子府の気象データは境野で代用、⑥収量欄の「気温から算出」の場合の日射量は平年値を仮定、⑦収量(塊茎重)は乾物重での計算結果を乾物率20%として生重に換算。

本課題は、道総研の各農畜試が分担して研究した成果です。

お問い合わせは 道総研十勝農業試験場 研究部生産環境グループ Tel 0155-62-9829 tokachi-agri@hro.or.jp

地球温暖化で道内の農作物にはどんな影響が及ぶのか？

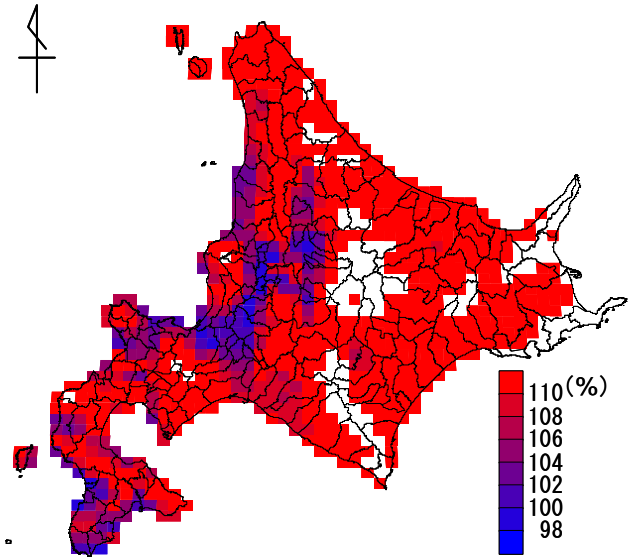
その6. 大豆は増収、栽培適地も変化



●左図の回帰式から推定すると、2030年代には道央・道南の一部を除き、全般に現在よりも増収が期待できません(右図)。

●2030年代には開花期や成熟期が早まるので、現行の「道産豆類地帯別栽培指針」(地帯区分)は見直しが必要です。

●品質面では、高温による裂皮・しわ粒の多発が懸念されます。



2030年代の大豆「ユキホマレ」収量推定マップ(現在比%)

現在および2030年代の気温はそれぞれメッシュ気候値2000およびCCSR/NIES. 現在の収量が200kg/10a未満のメッシュは除外(大豆作付実績のない地域を含む)

大豆「ユキホマレ」子実重と6～8月平均気温との関係

中央, 上川, 北見, 十勝農試での1998～2010年調査データによる。

●収量は6～8月の平均気温から推定でき、「ユキホマレ」では同気温が19.4°Cで最も多収となります(上図)。

●2030年代には網走では増収が期待されますが、岩見沢では生育適温を超えるため減収します。

その7. 十勝の小豆は大きく増収

2030年代における各地域の単収・生産量予測

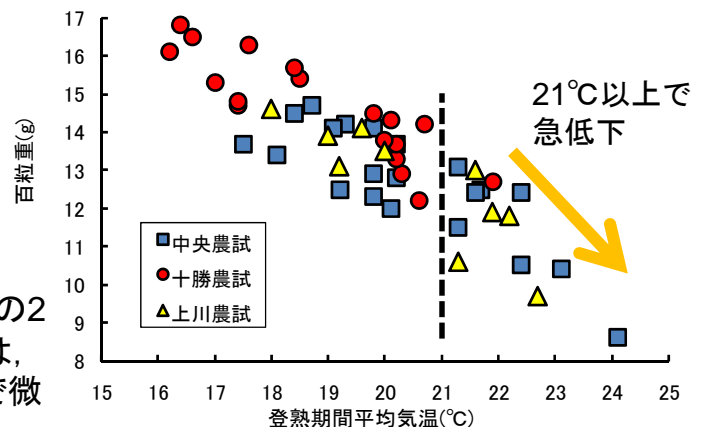
地域	単収(kg/10a)		各地域の生産量(t)		(B)/(A) ×100 (%)
	現在	2030年代	現在(A)	2030年代(B)	
石狩・空知	201	196	4,140	4,030	97
上川・留萌	201	192	5,840	5,570	95
後志	231	230	4,690	4,670	100
渡島・檜山	187	195	1,650	1,720	104
胆振	210	236	3,000	3,370	112
十勝	226	268	28,300	33,560	119
オホーツク	208	246	2,820	3,340	118
全道	209	223	50,440	56,260	112

各地域の生産量は現在の小豆栽培面積で試算。最下段の全道欄は、単収では平均値、生産量では合計値。現在の気象は1971～2000年を統計期間とする平年値。2030年代の気象はCCSR/NIES。

●小豆の収量も大豆と同様、生育期間の平均気温の2次式で推定できます。地域別に求めた回帰式からは、2030年代の単収は十勝・オホーツクで増加、渡島で微増、空知・上川で減少と見込まれます。

●現状の作付面積で試算すると、道内全体の生産量は12%増加します。

●品質面では、登熟期間の昇温により百粒重が減少(下図)し、道南、道央の一部で規格内歩留の低下が危惧されます。



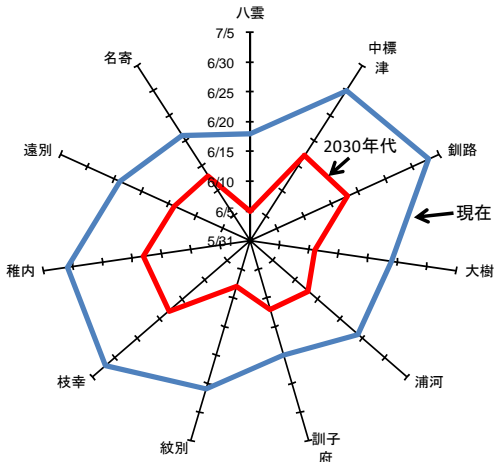
登熟期間の平均気温と百粒重の関係 (1989～2009年の中央, 十勝, 上川農試作況データ)

本課題は、道総研の各農畜試が分担して研究した成果です。

お問い合わせは 道総研十勝農業試験場 研究部生産環境グループ Tel 0155-62-9829 tokachi-agri@hro.or.jp

地球温暖化で道内の農作物にはどんな影響が及ぶのか？

その8. 牧草には厳しい

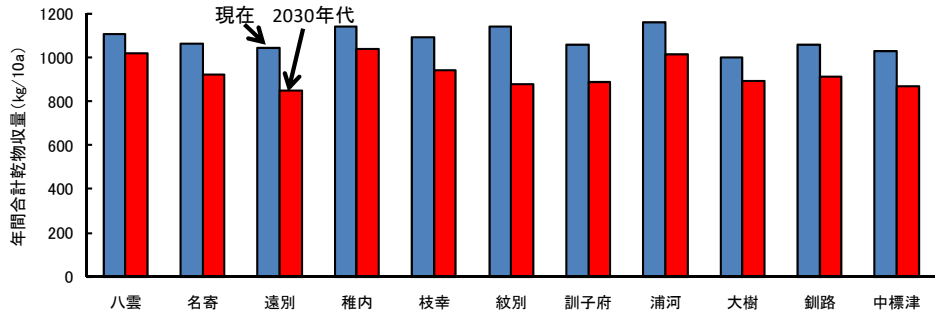


温暖化に伴うチモシー1番草出穂期の変化

気温と可照時間を用いた2次元ノンパラメトリックDVR法(三枝ら, 1994)による。早生品種「センボク」対象。現在と2030年代の気温はそれぞれアメダスデータおよびCCSR/NIES。

●2030年代のチモシー1番草出穂期は、現在より8~20日(全道平均13日)早まります(左図)。春の気温上昇で萌芽期も同程度前進するので、1番草生育日数は現在と変わりません。

●2030年代の年間収量は、気温上昇にも関わらず日射量の低下で、現在より10~20%減少します(下図)。ただし、気温上昇の影響のみを考慮すると、現在と同等かわずかに増加します。

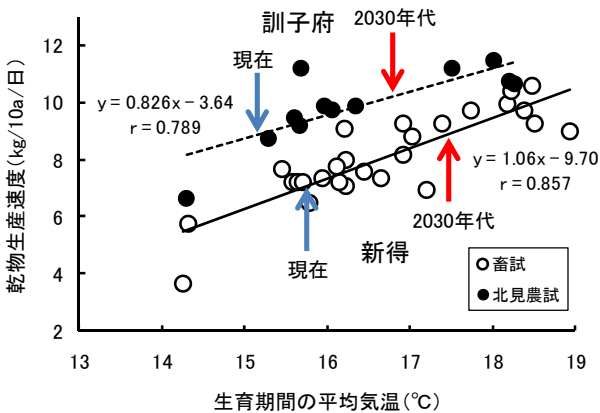


温暖化が道内各地のチモシー草地の年間収量に及ぼす影響

早生品種の単播、マメ科草混播を想定。気温と日射量から求めた蒸発散量にチモシーの水利用効率を乗じて推定。1番草は出穂期、2番草は生育日数60日で刈取りの年2回刈りの場合。現在の気象は1971~2000年を統計期間とする平年値。2030年代の気象はCCSR/NIES。

その9. 飼料用とうもろこしは晩生種で

●飼料用とうもろこしの乾物生産速度は生育期間の平均気温と正の相関を示す(下図)ので、この関係を利用して収量予測ができます。



飼料用とうもろこしの乾物生産速度と生育期間の平均気温との関係

畜試(1981~2001年)、北見農試(1990~2001年)での調査データによる。図中の矢印は現在(1971~2000年を統計期間とする平年値)と2030年代(CCSR/NIES)の位置付け。

2030年代の各地域の収量予測(kg/10a)

地域	収量(kg/10a)		(B)/(A) ×100 (%)
	現在 (A)	2030年代 (B)	
十勝中部	1,232	1,280	104
十勝山麓・沿海	1,063	1,176	111
オホーツク	1,063	1,337	126
根釧・天北	1,193	1,226	103
全道平均	1,138	1,255	110

各地域ごとに生育期間の平均気温による収量回帰式を作成して計算。現在の気象は1971~2000年を統計期間とする平年値。2030年代の気象はCCSR/NIES。

●2030年代には各地域で収量が増加し、全道平均では現在より10%程度増収します(上表)。

●また、昇温程度に適合した、より熟期の遅い品種を選択・導入することで、収量のワンランクアップが期待されます。

本課題は、道総研の各農畜試が分担して研究した成果です。

お問い合わせは 道総研十勝農業試験場 研究部生産環境グループ Tel 0155-62-9829 tokachi-agri@hro.or.jp

地球温暖化で道内の農作物にはどんな影響が及ぶのか？

その10. 2030年代に向けて必要な対応は

<品種開発>

- 高温でも収量や品質が低下しない高温耐性品種の開発が求められます。
- また、高温・湿潤環境下で多発が予想される各種病害虫に対する抵抗性に加え、畑作物全般における湿害耐性の強化(特に小麦の穂発芽耐性)も重要です。
- その一方、水稻では穂ばらみ期の耐冷性、秋まき小麦では耐凍性のように、寒さに対する耐性の付与も従前通り必要です。

<栽培技術>

- 播種・移植適期・収穫期の変更，栽培地帯区分の変更，生育指標や導入品種の見直し，施肥体系の再構築，などが求められます。
- これらについては，今後の作物の気象反応を注意深く観察し，各種の予測等も踏まえて，現行の栽培技術をベースに修正を図っていくのが現実的でしょう。
- 畑作では，今後の降雨変動に対応すべく，排水改良等の農地基盤整備がこれまで以上に重要です。
- 病害虫については，適期防除の励行に加え，新規病害虫への対応を見据えた準備が必要です。

現在よりも高温・湿潤な気候と予想される2030年代に向けた技術的対応方向

作物	品種開発の方向性	栽培技術の対応方向	病害虫の発生程度に応じた適期防除
水稻	①作期の拡大に伴う適正熟期の見直し ②各種障害抵抗性(耐冷性含む)品種 ③いもち病等の病害虫抵抗性品種	①作期の拡大に伴う栽培技術(各生育期における生育指標含む)の見直し ②地帯別作付指標の見直し ③直播栽培の拡大	
小麦	①耐凍性，耐倒伏性，穂発芽耐性品種 ②赤かび病等の病害抵抗性品種	①播種適期，播種量，起生期以降の施肥体系の見直し ②各生育期における生育指標の見直し ③圃場排水性の確保。	
てんさい	①高糖性品種 ②各種病害抵抗性品種	①作期の拡大による目標収量や収穫適期の見直し ②直播栽培適地拡大への対応	
ばれいしょ	①高温耐性，高でんぷん価品種 ②各種病害抵抗性品種	①植付期の前進による塊茎肥大期の高温の影響緩和 ②培土量の増大による地温変動の緩和	
大豆・小豆	①高温耐性，加工適性に優れた品種 ②各種病害虫抵抗性品種	①栽培地帯区分の見直し ②高品質化のための播種適期の見直し	
牧草	各種病害抵抗性品種	①晩生品種等の導入による収量確保 ②草地の排水性確保と保水性改善	
飼料用とうもろこし	①高温耐性品種 ②本州向け遺伝資源の導入などによる子実用とうもろこし品種	①播種期の前進と生育促進に伴う栽培適地および収穫適期の見直し ②雑草の適期抑制 ③子実用とうもろこし栽培技術の検討	

本課題は、道総研の各農畜試が分担して研究した成果です。

お問い合わせは 道総研十勝農業試験場 研究部生産環境グループ Tel 0155-62-9829 tokachi-agri@hro.or.jp