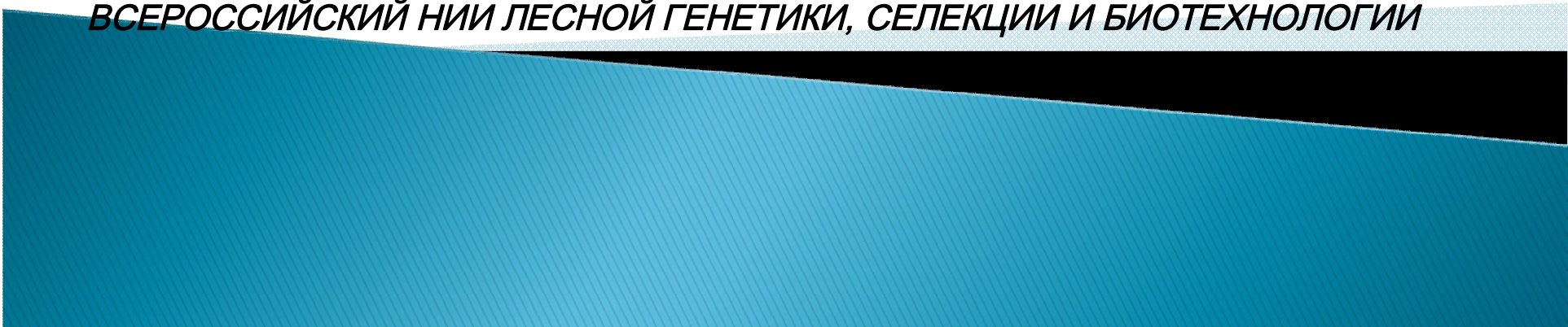


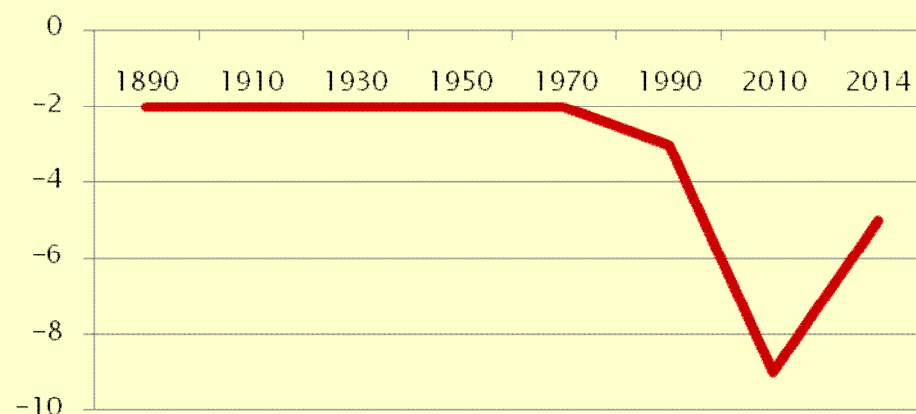
Н.Ф.Кузнецова

Репродуктивный потенциал *Pinus sylvestris* L. и стратегия выживания вида в условиях глобального изменения климата

ВСЕРОССИЙСКИЙ НИИ ЛЕСНОЙ ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ



В России глобальное потепление климата затронуло практически всю территорию европейской части РФ, юг Западной Сибири, Прибайкалье, Забайкалье и северо-восток Якутии (Замолодчиков, 2011). В лесостепной зоне европейской России последнее десятилетие стало самым теплым за всю историю метеонаблюдений, резко снизился уровень грунтовых вод, увеличилось число и напряженность засух, что выводит проблему сохранения генетического потенциала *Pinus sylvestris* L., как хозяйственно ценной породы и вида-эдификатора, в число наиболее **актуальных**.



В засушливые годы **стратегия вида** направлена на поддержание процессов репродукции и онтогенеза, сохранение генетического разнообразия семян, повышение адаптивности семенного генофонда. На популяционном уровне устойчивость вырабатывается при участии неспецифической и специфической реакций на базе сдвига норм реакции трех экологически зависимых признаков семенной продуктивности: самофертильность, полнозернистость семян и число семян в шишке.

САМОФЕРТИЛЬНОСТЬ

Характеристика признака сф:

СФ – генетически обусловленный и экологически зависимый признак; диапазон изменчивости в оптимальные годы – 0–0,75; средний коэффициент сф выборки $R_{sf} = 0,13–0,14$;

$\frac{3}{4}$ деревьев относится к самостерильным формам ($R_{sf} \leq 0.01$), доля самофертильных форм – 5,5–7,8%, редукция урожая семян при самоопылении 12–15 раз;

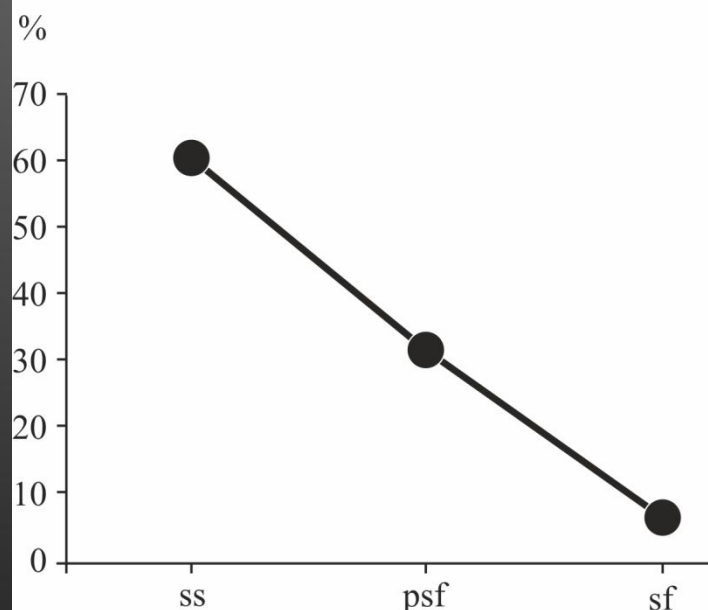
Частотное распределение генотипов по уровню сф 61% : 32% : 7% или 8сс : 4чсф : 1сф;

Доля инбредных потомств в семенной продукции года $\approx 7,6\%$;

При отклонении погодных условий от нормы признак изменяется только в направлении большей самофертильности.

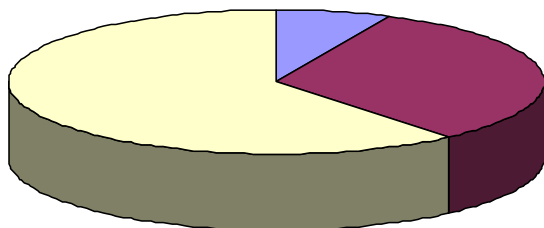


Fig.1 Distribution of Scots pine trees on self-fertility level in optimal on climatic condition years

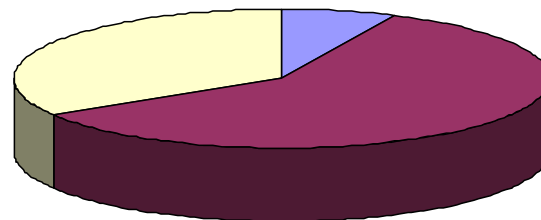


Характеристика признака сф при отклонении погодных условий от региональной нормы

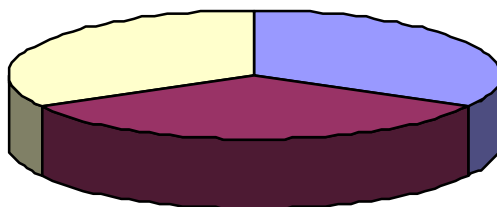
optimal years, 8ss: 4psf:1sf



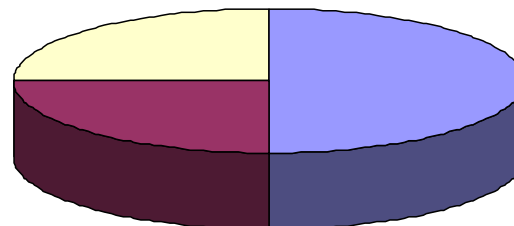
cold and worm years, 4ss: 8psf:1sf



moderate drought, 1ss: 1psf:1sf



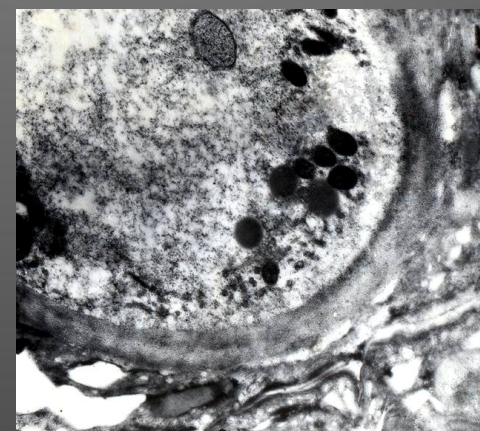
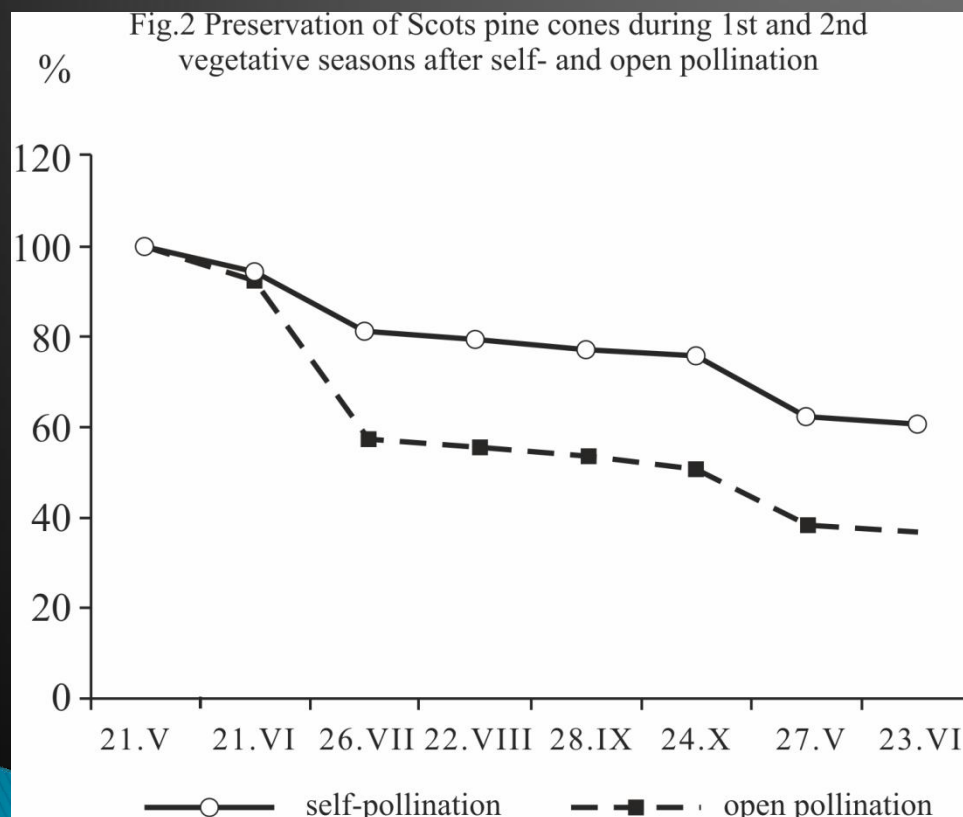
strong drought, 1ss: 1psf:2sf



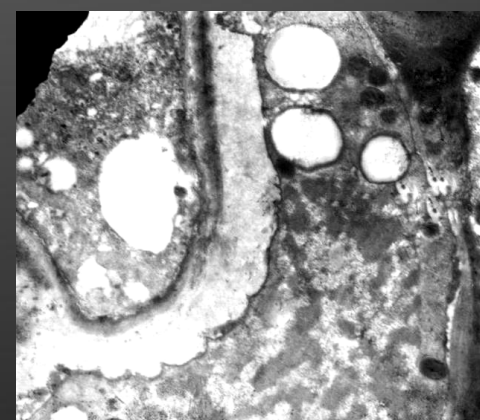
- самофертильные
- частично-самофертильные
- самостерильные формы

В оптимальные годы инбридинговая депрессия ограничивает
близкородственные скрещивания в популяциях, регулирует
соотношение между кроссбридингом и инбридингом, удаляя
более 90% инбредных потомств

ПРЕДЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП – 1-й вегетационный сезон



a



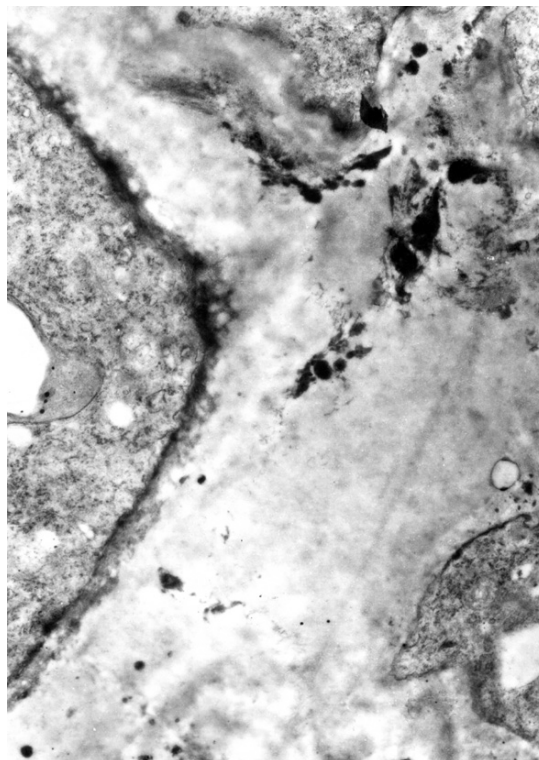
b

Contact zone between pollen tube and nucellus
after open (a) and self-pollination (b)

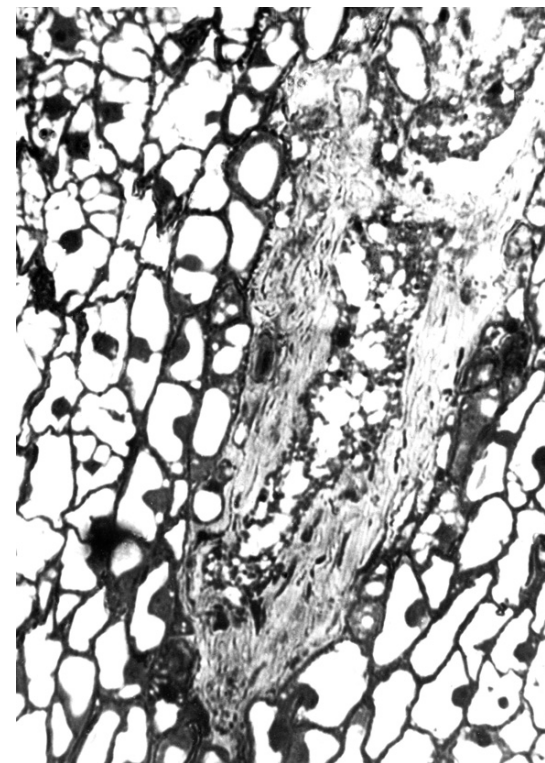
ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП – 2-й год развития



a



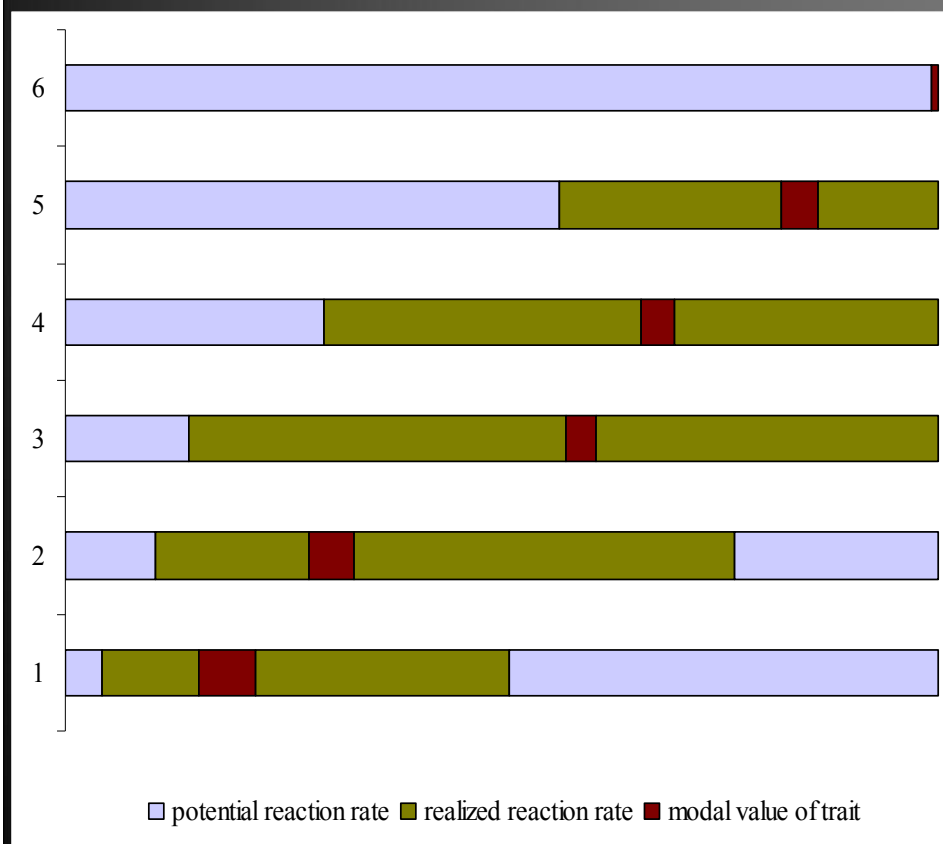
b



c

Contact zone between embryo and endosperm after open (a) and self-pollination (b, c)

ПОЛНОЗЕРНИСТОСТЬ СЕМЯН



1 – optimal years; 2 – weak drought, 2001; 3 – moderate drought, 1995; 4-6 – strong drought, 2007, 1991, 2012

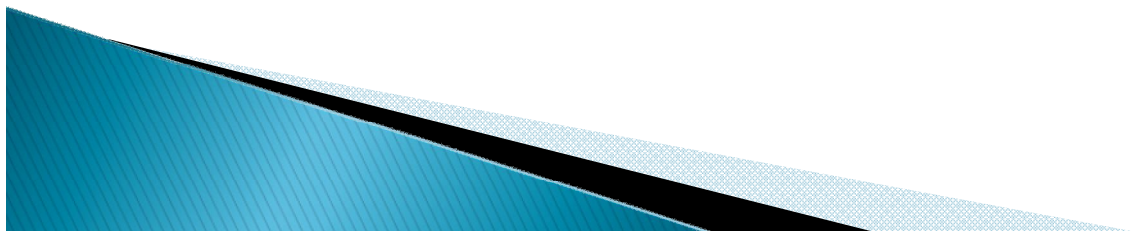
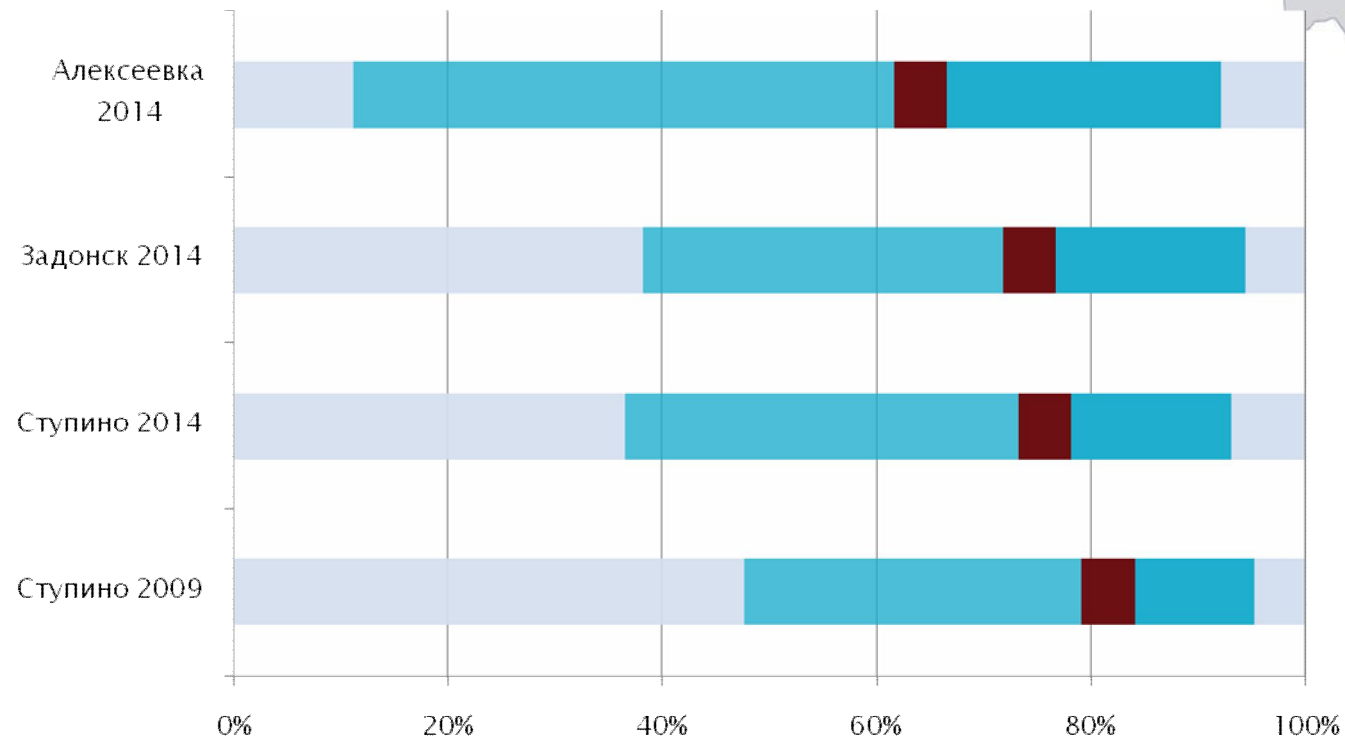
Характеристика признака в оптимальные годы:

Признак «полнозернистость семян» отражает репродуктивный потенциал дерева внутри популяции;

Реализованная норма реакции – 0–87%; 4/5 деревьев относится к высокопродуктивному IV классу;

Доля потомств от засухоустойчивых форм – 10,8–11,5%;

Урожайность сосны в засуху 2014 г.



ЧИСЛО СЕМЯН НА ШИШКУ

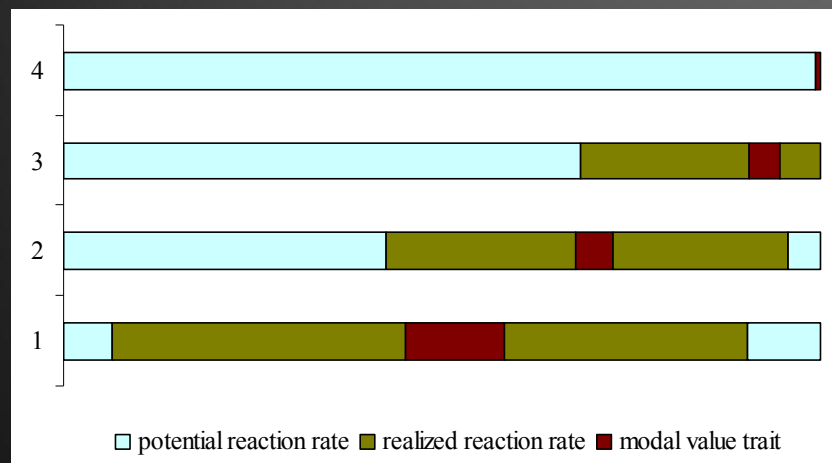
Характеристика признака в оптимальные годы:

Среднее число семян на шишку (полные + пустые) составляет 22–23 семян;

Реализованная норма реакции признака 43,8–5,2 шт.;

Порог чувствительности к засухе самый низкий – уровень «сильная засуха»;

В динамике изменчивости признака отсутствует период расширения нормы реакции



Optimal years, weak and moderate droughts (1);
strong droughts (2 – 2007, 3 – 1991, 4 - 2012)

На популяционном уровне засуха индуцирует:

- 1) Подвижность инбридинга и аутбридинга в рамках свободного опыления, выживание засухоустойчивых и инбредных генотипов на фоне массовой элиминации чувствительных и аутбредных.
- 2) В зависимости от силы погодного стресса расширение или сужение изменчивости признаков семенной продуктивности в пределах нормы реакции вида, дифференциацию деревьев на модальную чувствительную и устойчивую группу генотипов.
- 3) Развитие неспецифической и специфической реакций, начало и скорость которых зависит от порога чувствительности признаков к засухе.
- 4) Неспецифическая реакция ведет к увеличению в семенном генофонде доли инбредных потомств. Специфическая реакция повышает в нем долю потомств, берущих начало от засухоустойчивых форм.

НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ И СПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕАКЦИИ

Развитие неспецифической реакции основано на сопряженном действии двух признаков семенной продуктивности – самофертильность ($R_{сф}$) и полнотелность семян ($R_{св}$)

Порог чувствительности признака $сф$ ($R_{сф}$) высокий – «холодные, теплые годы»; полнотелности семян ($R_{св}$) – «слабая засуха»

Неспецифическая реакция проходит два периода развития – медленной и быстрой трансформации

Формула вычисления коэффициента самофертильности:

$$R_{сф} = \frac{P_{со}}{P_{св}}$$

Развитие специфической реакции на сопряженном действии двух признаков семенной продуктивности – полнотелность семян ($R_{св}$) и число семян на шишку ($N_{полн} + пустые$)

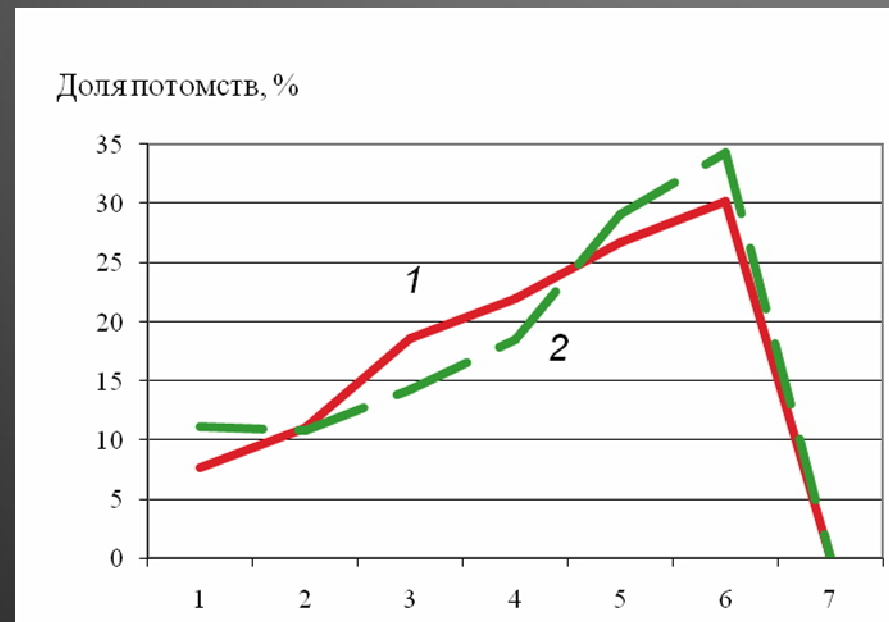
Порог чувствительности признака число семян на шишку ($N_{полн+пуст}$) самый низкий – «сильная засуха»

Специфическая реакция проходит два периода развития – медленной и быстрой трансформации

Формула вычисления показателя полнотелности семян:

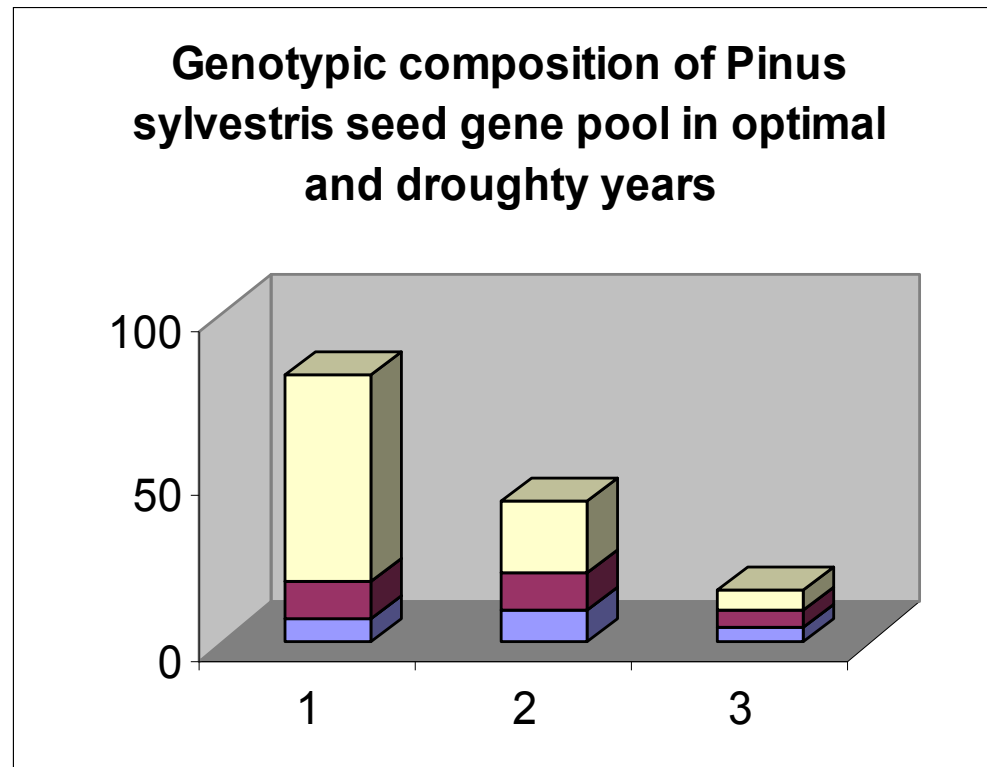
$$R_{св} = \frac{N_{полн}}{N_{полн} + пуст}$$

Алгоритм развития неспецифической и специфической реакций в стрессовом градиенте 5 засух



оптимальные (1) годы; теплые (2 – 1996, 1998 гг.) и засушливые годы (3 - слабая 2001 г., 4 – умеренная 1995 г., 5-6 – сильные 2007, 1991, 2012 гг. засухи)

СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СЕМЯН В ЗАСУШЛИВЫЕ ГОДЫ



1 – optimal years; 2 – moderate drought, 1995; 3- strong drought, 1991

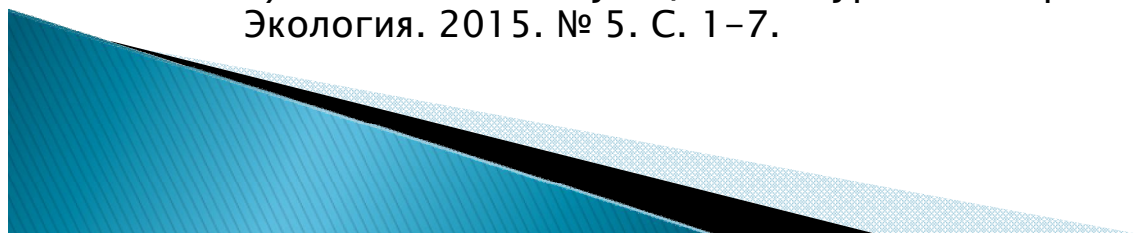
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ▶ На основе 12-летнего опыта по самоопылению и мониторинга систем семенного размножения установлено, что на популяционном уровне устойчивость сосны к засухе достигается путем прогрессивного повышения в семенном генофонде доли инбредных потомств и потомств от засухоустойчивых форм.
- ▶ Генетическое разнообразие семян зависит от силы засухи и обеспечивается, или генотипами всех плодоносящих деревьев, или генотипами двух групп деревьев – модальной и устойчивой, что необходимо учитывать при селекции сосны на засухоустойчивость.
- ▶ Неспецифическая и специфическая реакции, возникающие в ответ на засуху и изменение климата адаптируют семенной генофонд к новым условиям, но лишь до определенного уровня. Сильная засуха дестабилизирует репродуктивный процесс, снижает качество, устойчивость и конкурентоспособность семенного потомства.
- ▶ Инбридинг в процессах полового воспроизведения несет двойную нагрузку. В оптимальные годы он регулирует в популяциях близкородственные отношения, а в аномальные годы способствует выживанию вида в экстремальных условиях.



По материалам исследований опубликованы:

- ▶ Кузнецова Н.Ф. Генетическая система несовместимости у сосны обыкновенной и этапы ее проявления у сосны обыкновенной // Лесоведение. 1996. № 5. С. 27–33.
- ▶ Кузнецова Н.Ф., Исаков Ю.Н. Проявление уровня самофертильности у сосны обыкновенной в зависимости от климатических условий года // Экология. 1996. т. 27, № 4. С. 256–259.
- ▶ Исаков Ю.Н., Кузнецова О.С., Машкина О.С. Разнообразие по уровню самофертильности и его генотипическая обусловленность у сосны обыкновенной // Лесоведение. 2000. № 2. С. 44–50.
- ▶ Кузнецова Н.Ф. Влияние климатических условий на проявление признака самофертильности у сосны обыкновенной // Экология. 2009. № 3. С. 390–395.
- ▶ Машкина О.С., Кузнецова Н.Ф., Исаков Ю.Н., Буторина А.К. Самофертильность у сосны как один из механизмов ее устойчивости к химическим мутагенам // Экология. 2009. № 6. – С. 423–428.
- ▶ Кузнецова Н.ф. Чувствительность генеративной сферы сосны обыкновенной к засухе в Воронежской области // Лесоведение. 2010. № 6. С. 58–65.
- ▶ Kuznetsova N.F. Self-fertility in Scots pine as system for regulation close relationships and the species survival in adverse environment // Advances in Genetics Research. V. 9. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2012. P. 83–106.
- ▶ Свинцова В.С., Кузнецова Н.Ф., Пардаева Е.Ю. Влияние засухи на генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной. Лесоведение. 2014. № 3. С. 50–58.
- ▶ Кузнецова Н.Ф. Развитие неспецифической и специфических реакций у *Pinus sylvestris* L. на популяционном уровне в стрессовом градиенте засушливых лет // Экология. 2015. № 5. С. 1–7.





БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ