

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 581.1:832.122.1

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л. И. Данилина, Д. И. Фролов

Обсуждаются нарушения азотного обмена в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), ели европейской (*Picea abies L.*) и ели колочей (*Picea pungens Engelm.*), вызванные химическим загрязнением окружающей среды. Изучена зависимость накопления аминокислоты пролина в вегетативной массе сосны обыкновенной, ели европейской и ели колочей от содержания продуктов деструкции боевых отравляющих веществ в почве, позволяющая определять уровень загрязнения земель сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: стресс-индуцированный пролин, фитоиндикация, хвойные растения, химическое загрязнение.

Введение

Воздействие загрязнителей на растение затрагивает многие стороны жизни растительного организма: процессы фотосинтеза, дыхания, регенерации, деятельность пигментного аппарата, метаболизм растений. Нарушение физиологических функций является ответной реакцией растения на проникающие в него поллютанты. Эта реакция проявляется в разной степени у различных видов растений в зависимости от состава и токсичности веществ, физиологической активности организма и совокупного действия внешних факторов [6, 17, 21].

Фитоиндикация – это практическое применение различных признаков и свойств отдельных растений или растительных сообществ и их комплексов для получения качественной, а иногда и количественной, характеристики среды. Она не имеет своего объекта исследования, это не самостоятельная наука. При фитоиндикации используют не только внешний облик растения, но и его внутреннее строение, биохимический состав и физиологические процессы. Для анализа этих процессов используют методы морфологии, анатомии, физиологии и биохимии растений [2].

Химическое загрязнение порождает накопление в вегетативных органах растений свободных аминокислот, вызывает количественную и качественную изменчивость ферментных систем [4, 10]. Причём наиболее активные обозначенные выше биохимические реакции отмечаются у хвойных растений [11, 13, 15].

В современной науке накоплено много сведений о существенном накоплении аминокислоты

пролина в свободной форме в вегетативных органах (корнях, листьях и стеблях) в условиях химического стресса (стресс-индуцированный пролин) [1, 9, 17, 22, 23].

Пролин в растениях выполняет важную функцию [3, 8]. Он является протектором, который чётко реагирует на неблагоприятные условия среды. При воздействии на растение какого-либо негативного фактора (мороз, засоление, химическое загрязнение) в клетках фиксируется существенное накопление этой аминокислоты [20]. Аккумуляция в клетках растений свободного пролина является мощным защитным механизмом, позволяющим поддерживать водный статус клеток в условиях стресса [19]. Количество аккумулируемого пролина является результатом активизации гидролитических ферментов. Также замедляется отток ассимилятов из листьев, замедляется распад и деградация макромолекул [10]. Пролин не только понижает водный потенциал клеток, восстанавливая тем самым водоснабжение, но и защищает ферменты от инактивации, обеспечивает целостность структурных белков, сохраняет функциональную активность клеточных мембран [21]. Чувствительные к химическому загрязнению растения содержат больше пролина, чем устойчивые [6, 7]. Другими словами количество аккумулируемого пролина в растительных организмах можно назвать степенью его накопления.

В 50-е годы прошлого столетия на территории Пензенской области вблизи пос. Леонидовка Пензенского района производилось широкомасштабное уничтожение химического оружия с применением несовершенной технологии [5, 8]. В результате прилегающая территория была загрязнена боевыми от-

равляющими веществами: люизитом, заринном, зоманом и др. В настоящее время этот район насыщен продуктами деструкции отравляющих веществ: фосфонатами, мышьяком, диоксинами и другими поллютантами, которые существенно влияют на рост и обменные процессы в растениях [5, 16, 18].

Было установлено, что грунты на площадках, где в прошлом уничтожалось химическое оружие, загрязнены мышьяком до глубины 5 м, причём в верхнем слое почвы содержание этого элемента достигает десятков тысяч ПДК, на глубине 5 м оно снижается до нескольких сот ПДК.

Определение валового содержания мышьяка почвы и биоматериала площадок проводили методом ААС в модификации НПО «Тайфун» [18].

В пробах почвы на данной территории было обнаружено содержание мышьяка в десятки тысяч раз превышающей ПДК этого элемента: от 18467,2 мг/кг до 57533,2 мг/кг.

Экстремально высокие концентрации мышьяка обусловлены органическими и неорганическими продуктами трансформации люизита. Зафиксировано наличие в пробах токсичных цис- и трансизомеров β -хлорвиниларсиноксида и β -люизита. Иприта и токсичных продуктов его окисления дихлордиэтилсульфоксида и дихлордиэтилсульфона стандартными методами хромато-масспектрометрии не было обнаружено. Вместе с тем, в пробах были найдены полимерные соединения серы и целый ряд циклических соединений, содержащих серу, которые являются продуктами деструкции иприта [5].

Все эти поллютанты могут вызывать значительные изменения в физиолого-биохимических процессах растительных организмов, чувствительных к химическому загрязнению природной среды. Состояние аминокислотного обмена таких растений может быть использовано как показатель степени загрязнения территории. В связи с этим исследования влияния продуктов деструкции боевых отравляющих веществ на растительный организм являются, несомненно, перспективными и практически значимыми.

Целью работы являлось определение показателей, позволяющих выявить уровень загрязнения земель сельскохозяйственного назначения.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились в местах хранения и уничтожения в прошлом боевых отравляющих веществ: иприта и люизита.

Полигон хранения и прошлого уничтожения химического оружия на территории Пензенской области образован в 50-х годах прошлого столетия.

Участок местности, на котором производилось уничтожение химических боеприпасов, находится в 10 км к юго-востоку от г. Пенза; в 4 км к юго-западу от ст. Леонидовка. Он состоит из трёх расположенных в непосредственной близости площадок,

лишённых древесной растительности общей площадью около 65800 м².

На данной местности были проведены исследования по изучению накопления свободного пролина в вегетативных органах хвойных растений: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели европейской (*Picea abies* L.), ели колючей (*Picea pungens* Engelm.), туи западной (*Thuja occidentalis* L.).

Система пробоотбора составлена по методике, описанной В. Н. Чуписом (2007) [18] и включает 127 реперных точек для отбора проб (рисунок 1).

На базе исследованных реперных точек заложены площадки (400 м²), где были проведены полевые опыты, и отбирался растительный материал для лабораторных исследований. Зоны с реперными точками расположены равномерно по всему полигону и охватывают площадки с разным уровнем химического загрязнения. Исследованиями было охвачено 15 пробных площадей с различным уровнем химического загрязнения территории (реперные точки №№ 13, 22, 26, 43, 52, 56, 62, 74, 78, 81, 92, 94, 96, 111, 114). Количество пробных площадей ограничено распространением хвойных растений.

Растительный материал отбирали на стационарных площадках в начале лета при температуре воздуха 23-25°C с ветвей среднего яруса 40-50-летних растений. Контрольные образцы фиксировали в зонах без загрязнения (Золоторёвский сосновый бор, пос. Ахуны, с. Никоново).

Содержание пролина определяли по методике Бейтса [21] в нашей модификации [14, 15], в двухграммовой навеске хвои, которую фиксировали в 96%-ном этиловом спирте, хранили в течение 24 часов при температуре 4-5°C, растирали в ступке с кварцевым песком в 20 мл водного раствора сульфосалициловой кислоты. Определение свободного пролина проводили в трёх параллельных пробах.

Для этого 2 мл фильтрата смешивали в пробирке с притёртой стеклянной пробкой с 2 мл кислоты нингидрина и 2 мл ледяной уксусной кислоты. Смесь выдерживали в течение одного часа при 100°C на водяной бане. Реакцию ограничивали в плотной струе ледяной воды.

В пробирки с охлаждённой смесью приливали по 4 мл толуола (или бензола) и интенсивно взбалтывали до полного перехода оранжевой окраски в органический растворитель.

Верхний окрашенный слой сливали в кюветы (20 мм) и с помощью фотоэлектроколориметра (КФК-3 или ФЭК-56М) измеряли плотность оранжевой окраски.

Экстинцию определяли на синем светофильтре с длиной волны 520 нм.

Концентрацию аминокислоты рассчитывали по графику, построенному на стандартных растворах пролина, и выражали в мг% на сырую массу.

Статистическая обработка проведена в Microsoft Excel 2010 и Statistica 10 с помощью корреляционно-регрессионного анализа. В качестве независимой переменной было выбрано содержание

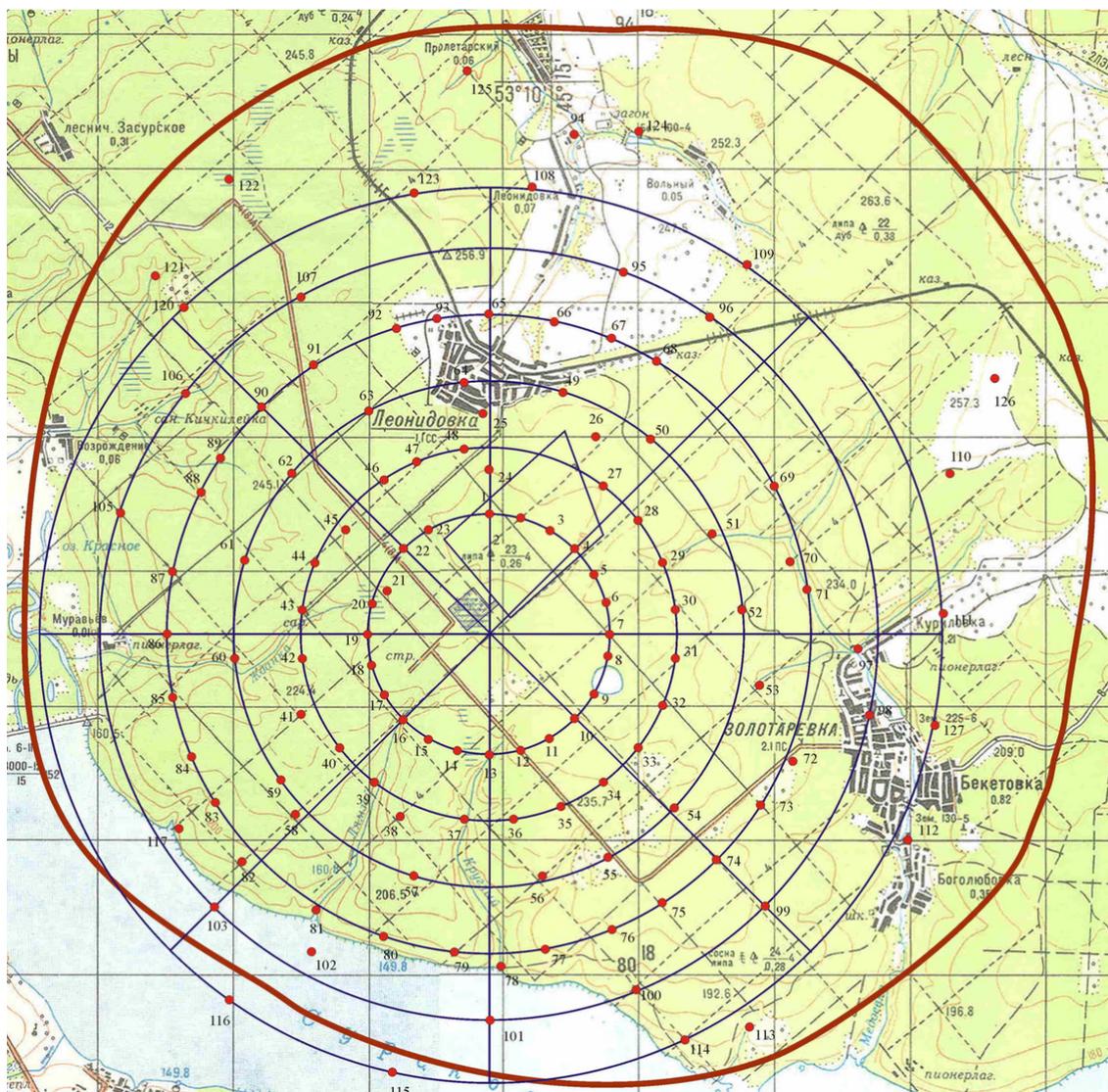


Рис. 1. Система пробоотбора

стресс-индуцированного пролина в вегетативных органах хвойных растений, в качестве зависимых переменных - содержание продуктов деструкции боевых отравляющих веществ в почве.

Результаты и их обсуждение

После статистической обработки данных нами были условно выделены три уровня химического загрязнения территории по степени накопления стресс-индуцированного пролина:

- 1) низкий уровень (степень накопления 1,5 и ниже);
- 2) средний уровень (1,6–2,5);
- 3) высокий уровень (2,6 и выше).

Результаты оценки уровня химического загрязнения территории приведены в табл. 1.

Полученные данные показывают неравномерность загрязнения мест хранения и прошлого уничтожения химического оружия.

Следует выделить зоны с низким уровнем химического загрязнения (реперы №/№ 13, 94, 96), где степень накопления стресс-индуцированного

пролина соответствовала низкому уровню – в пределах 1,16–1,42.

Также были определены зоны химического загрязнения (реперы №/№ 22, 52, 74, 92, 111), где степень накопления свободного пролина в листьях *P. sylvestris* отличалась в пределах норматива, соответствующего среднему уровню химического загрязнения – в пределах 1,71–2,42.

Исследования показали, что хвоя сосны и ели отличалась низким содержанием свободного пролина в контрольной незагрязнённой зоне.

Хвойные растения, произрастающие в зоне химического загрязнения с преобладанием мышьяка, диоксинов и других продуктов деструкции боевых отравляющих веществ, по-разному реагировали на стрессовое воздействие.

Существенные перестройки азотного обмена отличались в хвое сосны, что выразилось в значительном накоплении свободного пролина в вегетативной массе. Так, в зоне сильного загрязнения содержание аминокислоты в пробах повысилось в 11 раз по сравнению с содержанием её в контрольной незагрязнённой зоне. Менее

Таблица 1 – Оценка загрязнения территории по степени накопления стресс-индуцированного пролина в хвое

Место пробоотбора (номера реперных точек)	Содержание стресс-индуцированного пролина, мг% (К – степень накопления)				Уровень химического загрязнения территории
	сосна обыкновенная (M±m)	ель европейская (M±m)	ель колючая (M±m)	туя западная (M±m)	
контроль	11,4±0,4	13,7±0,2	14,1±0,6	19,5±0,8	нет загрязнения
13	15,6±0,6 (1,37)	20,8±0,1 (1,52)	17,5±0,1 (1,24)	-	низкий
22	-	33,2±0,1 (2,42)	29,8±0,1 (2,11)	33,9±0,1 (1,74)	средний
26	27,1±0,1 (2,38)	38,7±0,1 (2,82)	-	91,7±0,4 (4,71)	высокий
43	34,0±0,1 (2,93)	30,3±0,2 (2,21)	44,0±0,2 (3,12)	-	высокий
52	24,5±0,1 (2,15)	33,0±0,2 (2,41)	-	36,9±0,2 (1,89)	средний
56	31,5±0,2 (2,76)	44,1±0,2 (3,22)	45,4±0,2 (3,22)	-	высокий
62	-	34,8±0,1 (2,54)	-	62,2±0,3 (3,19)	высокий
74	20,3±0,1 (1,78)	-	-	-	средний
78	-	-	61,4±0,3 (4,35)	78,2±0,3 (4,01)	высокий
81	-	-	-	51,1±0,2 (2,62)	высокий
92	33,7±0,2 (2,96)	19,5±0,1 (1,42)	38,2±0,2 (2,71)	28,7±0,1 (1,47)	средний
94	-	-	-	22,6±0,1 (1,16)	низкий
96	14,1±0,5 (1,24)	15,2±0,1 (1,11)	20,0±0,1 (1,42)	30,8±0,1 (1,58)	низкий
111	22,3±0,1 (1,96)	26,9±0,2 (1,96)	-	-	средний
114	29,0±0,1 (2,74)	-	-	-	высокий

Примечания:

M – значение степени накопления стресс-индуцированного пролина;

m – погрешность измерений.

активная ответная реакция на химический стресс фиксировалась нами в хвое ели, где степень накопления пролина варьировала в пределах 2,2 до 5,0.

С помощью корреляционно-регрессионного анализа был проведен поиск взаимосвязи между содержанием в почве продуктов деструкции боевых отравляющих веществ и содержанием стресс-индуцированного пролина в вегетативных органах хвойных растений.

В итоге были получены уравнения зависимостей, имеющих форму линейной регрессии. Модель линейной регрессии представляет собой линейную функцию между зависимой и независимой переменной. Для оценки качества полученной модели определена теснота взаимосвязи между переменными величинами. Для оценки силы связи в теории корреляции применяется шкала Чеддока: слабая – от 0,1 до 0,3; умеренная – от 0,3 до 0,5; заметная – от 0,5 до 0,7;

высокая – от 0,7 до 0,9; весьма высокая (сильная) – от 0,9 до 1,0.

Проанализировав показатели качества полученных моделей получили:

– множественный коэффициент корреляции находится в пределах от 0,69 до 0,87 что по шкале Чеддока свидетельствует о высокой силе связи между переменными;

– коэффициент детерминации находится на довольно высоком уровне от 0,48 до 0,76, что означает о присутствии функциональной зависимости между переменными в полученных нами уравнениях;

– статистическая значимость составляет от 0,0001 до 0,0040, что соответствует довольно высокому уровню доверия к полученным моделям.

Результаты показателей качества моделей полученных нами зависимостей приведены в таблице 2.

Полученные регрессионные уравнения

Таблица 2 – Показатели качества моделей

	Сосна обыкновенная			Ель европейская			Ель колючая		
	R	p	R ²	R	p	R ²	R	p	R ²
Фосфор	0,72	0,002	0,52	0,74	0,002	0,54	0,78	0,001	0,61
Мышьяк	0,79	0,001	0,62	0,78	0,001	0,61	0,82	0,000	0,68
Свинец	0,85	0,000	0,73	0,8	0,000	0,63	0,87	0,000	0,76
Кадмий	0,69	0,004	0,48	0,78	0,001	0,62	0,78	0,001	0,61

Примечания:

R – множественный коэффициент корреляции;

p – статистическая значимость (p-уровень);

R² – коэффициент детерминации.

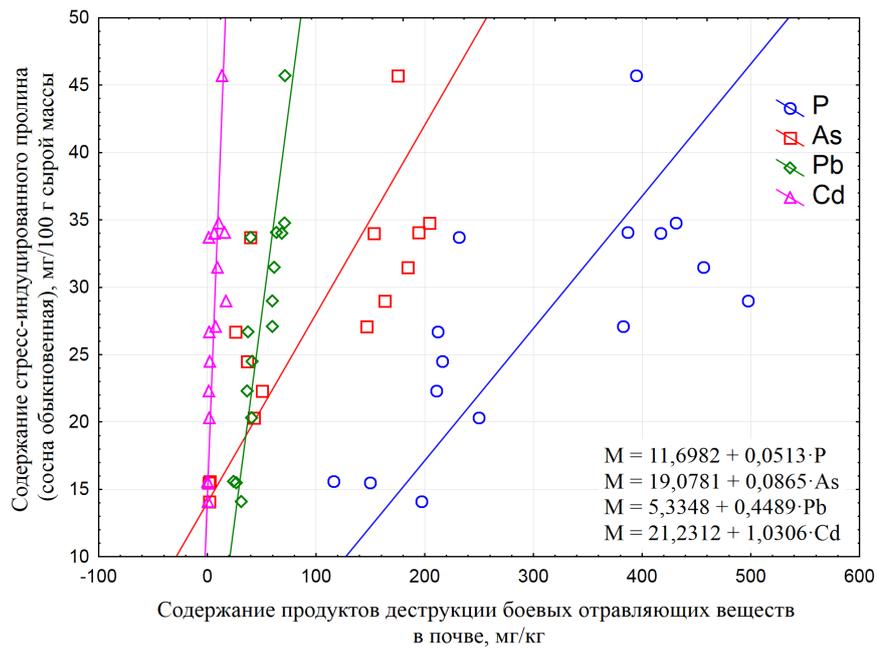


Рис. 2. Зависимость изменения аминокислоты пролина в вегетативных органах сосны обыкновенной от содержания продуктов деструкции боевых отравляющих веществ в почве

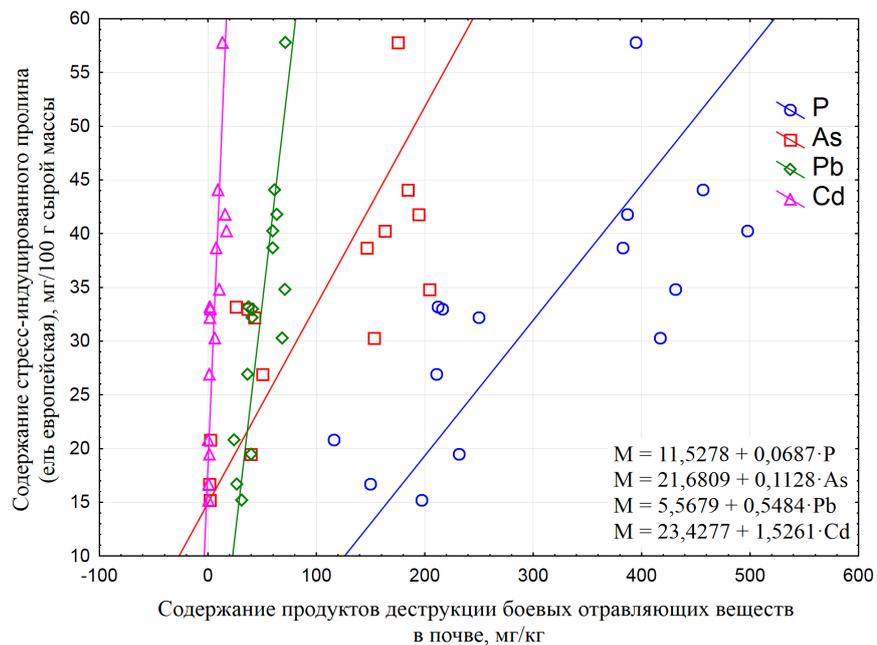


Рис. 3. Зависимость изменения аминокислоты пролина в вегетативных органах ели европейской от содержания продуктов деструкции боевых отравляющих веществ в почве

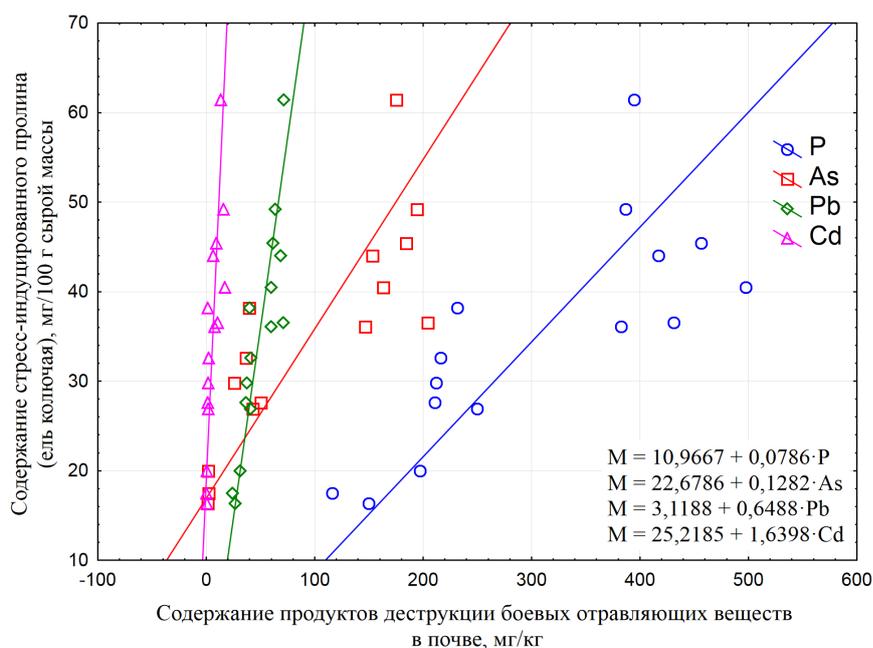


Рис. 4. Зависимость изменения аминокислоты пролина в вегетативных органах ели колючей от содержания продуктов деструкции боевых отравляющих веществ в почве

зависимостей показывают, что при увеличении содержания в почве продуктов деструкции боевых отравляющих веществ, в частности соединений: фосфора, мышьяка, свинца, кадмия, линейно происходило и увеличение содержания аминокислоты пролина в вегетативных органах сосны обыкновенной (рис. 2).

Аналогичные результаты были получены при исследовании ели европейской (рис. 3) и ели колючей (рис. 4). По результатам анализа видно, что наибольшее влияние на повышение уровня пролина оказали кадмий, свинец и мышьяк. Так даже при малом увеличении концентрации кадмия уровень аминокислоты пролина в вегетативных органах хвойных растений резко повышался.

Выводы

Показатели нарушения азотного обмена в хвое сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) и ели колючей (*P. pungens*), выразившиеся в степени накопления

аминокислоты пролина в вегетативной массе, позволяют нам определить уровень загрязнения земель сельскохозяйственного назначения.

Следовательно, показатель нарушения азотного обмена в хвое растений, выражающийся в накоплении аминокислоты пролина, является объективным тестом уровня загрязнения природной среды.

Предлагаемая нами система оценки позволяет прогнозировать нарушения экосистем и заблаговременно принимать меры по предотвращению их разрушения.

Используя эти преимущества фитоиндикации, мы сделали попытку оценить возможность применения аминокислоты пролина, которая, как известно, накапливается в вегетативных органах растений в условиях химического стресса, в качестве показателя химического загрязнения мест прошлого уничтожения химического оружия на территории Пензенской области.

Список литературы

1. Бритиков, Е. А. Биологическая роль пролина / Е. А. Бритиков. – Москва: Наука, 1975. – 88 с.
2. Булохов, А. Д. Фитоиндикация и её практическое применение / А. Д. Булохов. – Брянск: Изд-во БГУ, 2004. – 245 с.
3. Гауровиц, Ф. Химия и функция белков / Ф. Гауровиц. – М., 1965. – 530 с.
4. Ганн, А. П. Влияние экологических факторов на изоферментный состав пероксидазы древесных растений / А. П. Ганн, И. В. Лукашевич // Тез. докл. II съезда Всерос. о-ва физиологов растений. – М., 1992. – Ч. 2. – С. 49.
5. Гончаров, А. И. Опыт-экспериментальный полигон, как средство поиска типовых решений в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и регионального природопользования при хранении и уничтожении ХО / А. И. Гончаров // «Экологические проблемы

- наследия «холодной войны» и пути их преодоления». Сборн. матер. междунар. науч.–практич. конф.– Пенза, 2004.– 90 с.
6. Иванов, А. И. Динамика свободного пролина в хвое растений в условиях химического стресса / А. И. Иванов, А. П. Стаценко, О. В. Сергеева, Е. Е. Конкина, Л. И. Тужилова // «Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия»: сб. ст. Всерос. науч.– практ. конф. Ч.1.– Пенза: РИО ПГСХА, 2007.– С. 67–69.
 7. Иванов, А. И. Свободный пролин – биохимический показатель степени химического загрязнения природной среды / А. И. Иванов, А. П. Стаценко, Е. Е. Конкина, О. В. Сергеева, Л. И. Тужилова // «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России»: сб. ст. V Междунар. науч.– практ. конф.– Пенза: РИО ПГСХА, 2007.– С. 95–97.
 8. Кретович, В. Л. Биохимия растений / В. Л. Кретович.– М.: Высш. шк., 1986.– 503 с.
 9. Кузнецов, Вл. В. Индуцибельные системы и их роль при адаптации растений к стрессорным факторам: Дис. ... докт. биол. наук / Вл. В. Кузнецов.– Кишинев: ИФР АНРМ, 1992.– 74 с.
 10. Кузнецов, Вл. В. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм и регуляция / Вл. В. Кузнецов, Н. И. Шевякова // Физиология растений, 1999.– Т. 46. Вып. 2.– С. 305–320.
 11. Михайлова, Т. А. Биохимическая индикация воздействия промышленных эмиссий на хвойные леса / Т. А. Михайлова // Анатомия, физиология и экология лесных растений.– Петрозаводск: Ин-т леса Карельск. Филиал РАН, 1992.– С. 118–120.
 12. Никитин, А. Я. Анализ и прогноз временных рядов в экологических наблюдениях и экспериментах / А. Я. Никитин, С. А. Сосунова.– Иркутск: Иркут. гос. пед. ун-т. 2003.– 83 с.
 13. Новицкая, Ю. Э. Адаптация сосны к экстремальным факторам среды / Ю. Э. Новицкая // Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере.– Л., 1985.– С. 113–131.
 14. Стаценко, А. П. Биохимическое тестирование окружающей среды / А. П. Стаценко, А. И. Иванов, Е. Е. Конкина, Л. И. Тужилова, О. В. Сергеева // «Современные проблемы экологии»: сб. ст.– Тула, 2007.– С. 65–67.
 15. Стаценко, А. П. Изменчивость азотного обмена хвои как биохимический индикатор загрязнения / А. П. Стаценко, М. М. Носачёв, Л. И. Тужилова // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России.– Пенза: МНИЦ, 2007.– с. 223–226.
 16. Стаценко, А. П. О криозащитной роли аминокислот в растениях / А. П. Стаценко // Физиология и биохимия культурных растений, 1992.– Т. 24. № 6.– С. 560–564.
 17. Судачкова, Н. Е. Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н. Е. Судачкова, И. В. Шеин, Л. И. Романова.– Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1997.– 176 с.
 18. Чупис, В. П. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития / В. П. Чупис // Теоретическая и прикладная экология, 2007.– № 2.– С. 35–41.
 19. Шевякова, Н. И. Метаболизм и физиологическая роль пролина при водном и солевом стрессе / Н. И. Шевякова // Физиология растений, 1983.– Т. 30.– С. 768–783.
 20. Шевякова, Н. И. Стрессорный ответ клеток *Nicotiana sylvestris* L. на засоление и высокую температуру / Н. И. Шевякова, Б. В. Рошупкин, Н. В. Парамонова, Вл. В. Кузнецов // Физиология растений, 1994.– Т. 41.– С. 558–565.
 21. Bates, Z. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies / Z. S. Bates, R. P. Waldren, J. D. Teare // Plant and Soil, 1973.– V. 39.– № 1 – P. 205–207.
 22. Samuel, D. Proline is a Protein Solubilizing Solute / D. Samuel, R. K. S. Kumar, C. Jayaramoan, P. W. Yang // Bioch. Mol. Biol. Intern., 1997.– V. 41.– P. 235–242.
 23. Schohert, B. Unusual Solution Properties of Proline and Its Interaction with Proteins / B. Schohert, H. Tschesche // Biochim. Biophys. Acta., 1978.– V. 541.– P. 270–277.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF CONTAMINATION OF AGRICULTURAL LAND

L. I. Danilina, D. I. Frolov

The article discusses the nitrogen metabolism violations in needles of *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* L. and *Picea pungens* Engelm., provoked by chemical pollution. The proline amino acid accumulation in vegetative mass of mentioned plants depends on destruction products contention of chemical agents in the soil. This dependence allows us to determine the pollution level of the agricultural land.

Keywords: stress-induced proline, phytoindication, coniferous plants, chemical pollution.

References

1. Britikov, E. A. the Biological role of Proline / E. A. Britikov. – Moscow: Nauka, 1975. – 88 p.
2. Bulahov, D. A. Phytoindication and its practical application / A. D. Bulokhov. – Bryansk: Publishing house of BSU, 2004. – 245 p.
3. Gurovic, F. Chemistry and function of proteins / F. Gurovic. – M., 1965. – 530 p.
4. Gunn, A. P. the Influence of environmental factors on isozyme composition of peroxidase woody plants / A. P. Gunn, I. V. Lukashevich // proc. Dokl. II Congress of all-Russia. about the society of physiologists of plants. – M., 1992. – Part 2. – P. 49.
5. Goncharov, A. I. experimental ground, as a means of finding standard solutions in the field of environmental protection, environmental security and regional environmental management in the storage and destruction HO / A. I. Goncharov // the «Environmental legacy issues of the «cold war» and ways of overcoming them». The team. mater. Intern. scientific. practical. Conf. – Penza, 2004. – 90 S.
6. Ivanov, A. I. Dynamics of free Proline in needles of plants in conditions of chemical stress / A. I. Ivanov, A. P. Statsenko, O. V. Sergeeva, E. E. Konkin, L. I. Turilova // «Monitoring of natural ecosystems in zones of protective actions of objects on chemical weapon destruction», collected articles of all-Russian. scientific. scient. Conf.H.1. – Penza: RIO phsa, 2007. – P. 67-69.
7. Ivanov, A. I. Free Proline – a biochemical indicator of the degree of chemical pollution of the natural environment / A. I. Ivanov, A. P. Statsenko, E. E. Konkin, O. V. Sergeeva, L. I. Turilova // «natural-resource potential, ecology and sustainable development of regions of Russia», collected articles, With the V Intern. scientific. scient. Conf. – Penza: RIO phsa, 2007. – Pp. 95-97.
8. Kretovich, V. L. Biochemistry of plants / V. L. Kretovich. – M.: Higher. Sch., 1986. – 503 p.
9. Kuznetsov, V. L. V. Inducible systems and their role in adaptation of plants to stress factors: Dis. ... doctor. Biol. Sciences / VL. V. Kuznetsov. – Chisinau: IGF ANRM, 1992. – 74.
10. Kuznetsov, VL. V. Proline under stress: biological role, metabolism and regulation / VL. Kuznetsov, N. I. Shevyakova // plant Physiology, 1999. – T. 46. Vol. 2. – S. 305-320.
11. Mikhailova, T. A. Biochemical indication of the industrial emissions on coniferous forests / T. A. Mikhailova // Anatomy, physiology and ecology of forest plants. – Petrozavodsk: Institute of forest Karelsk. Branch of RAS, 1992. – S. 118-120.
12. Nikitin, A. Y. Analysis and prediction of time series in ecological observations and experiments / A. Y. Nikitin, S. A. Sosunova. – Irkutsk: Irkut. state PED. University T. 2003. – 83 S.
13. Novitskaya, Y. E. pine Adaptation to extreme factors of the environment / Yu. Novitskaya E. // Physiological and biochemical basis of growth adaptation of pine to the North. – L., 1985. – S. 113-131.
14. Statsenko, A. P. Biochemical testing environment / A. P. Statsenko, A. I. Ivanov, E. E. Konkin, L. I. Turilova, O. V. Sergeev // «Modern problems of ecology»: SB. St – Tula, 2007. – P. 65-67.
15. Statsenko, A. P. Variability of nitrogen metabolism of the needles as a biochemical indicator of pollution / A. P. Statsenko, M. M. Nosachev, L. I. Turilova // natural-resource potential, ecology and sustainable development of the regions of Russia. – Penza: the scientific, 2007. – p. 223-226.
16. Statsenko, A. P. cryoprotective role of amino acids in plants / A. P. Statsenko // Physiology and biochemistry of cultivated plants, 1992. – Vol. 24. No. 6. – S. 560-564.
17. Sudachkova, N. E. Biochemical indicators of stress of woody plants / N. E. Sudachkova, I. Shein, L. I. Romanova. – Novosibirsk: Nauka. Sib. Company Russian Academy of Sciences, 1997. – 176 p.
18. Cupis, V. P. Ecological monitoring of objects of destruction of chemical weapons – experience of creation and development prospects / V. P. cupis // Theoretical and applied ecology, 2007. – No. 2. – P. 35-41.
19. Sheviakova, N. I. Metabolism and physiological role of Proline in water and salt stress / N. I. Shevyakova // Fi-siology plants, 1983. – Vol. 30. – S. 768-783.
20. Sheviakova, N. I. Stress response of the cells of *Nicotiana vulgaris* L. to salinity and vysokotemperaturnom / N. I. Shevyakova, B. V. Roshchupkin, N. V. Paramonov, VL. Kuznetsov, V. // plant Physiology, 1994. – T. 41. – S. 558-565.
21. Bates, S. Z. rapid determination of free Proline for water-stress studies / Z. S. Bates, R. P. Waldren, J. D. Mr justice teare // plant and soil, 1973. – V. 39. – No. 1 – Pp. 205-207.
22. Samuel, D. Proline protein Solubilizers the substance / Samuel D., R. K. S. Kumar, S. Jayaramoan, P. V. Yang// Bioch. Mol. Biol. Intern., 1997. – V. 41. – S. 235-242.
23. Schohert, V. Unusual solution properties of Proline and its interaction with a protein / Schohert B., Tschesche, H. // biochemistry. Academy of Sciences. Acta., 1978. – V. 541. – Pp. 270-277.